DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 19. Juni 1925 | Heft 25

Das Nordlicht und die höheren Atmosphärenschichten.

Von L. VEGARD, Oslo.

I.

In der Nordlichtforschung kann man zweckmäßig zwei Gebiete unterscheiden.

In dem einen beschäftigt man sich mit der geographischen und zeitlichen Verteilung der Nordlichthäufigkeit und mit den Formen und Bewegungen. Durch passende Annahmen über die primäre Ursache des Nordlichts sucht man diese Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten theoretisch zu erklären.

In dem zweiten Gebiete beschäftigt man sich hauptsächlich mit den physikalischen Vorgängen, welche sich während des Nordlichts in den höchsten Atmosphärenschichten abspielen.

In den beiden Gebieten sind schon seit langer Zeit Untersuchungen gemacht. Es ist doch erst seit dem Erscheinen der Arbeiten von BIRKELAND, daß es gelungen ist, die Eigenschaften des Nordlichts in Bezug auf Form, Bewegungen, geographische und zeitliche Verteilung unter einen einheitlichen theoretischen Gesichtspunkt zu bringen, und erst durch die Forschungen der letzten Jahre scheint es gelungen zu sein, die physikalischen Prozesse in der Nordlichtregion klarzulegen.

Die jetzige Nordlichttheorie geht bekanntlich von der Grundannahme aus, daß die Nordlichter und die damit verwandten magnetischen Störungen durch elektrische Strahlen, welche direkt von der Sonne kommen, verursacht werden. Diese Anschauung spürt man schon in Arbeiten von DONATI 1872, und um das Jahr 1880 hat GOLDSTEIN die Gedanken ausgesprochen, daß möglicherweise Kathodenstrahlen von der Sonne ausgehen und hierdurch — meint er — wäre eine Möglichkeit gegeben, den Einfluß der Sonne auf die erdmagnetischen Erscheinungen zu erklären.

Unabhängig von diesen ersten Gedanken hat dann BIRKELAND 1896 seine bekannte Hypothese aufgestellt, präzisiert und weiter verfolgt. An die Birkelandschen Anschauungen knüpft sich eine Reihe von Arbeiten, unter denen in erster Linie die ausgedehnten Untersuchungen von STÖRMER zu erwähnen sind. Er hat vor allem die Birkelandsche Theorie einer weitgehenden mathematischen Behandlung unterzogen.

Wir könnten nun erstens fragen, was hat die Birkelandsche Theorie geleistet?

1. Zuerst hat BIRKELAND zeigen können, daß die magnetischen Störungen und besonders die polaren Stürme durch die kosmische Strahlungshypothese in einfacher Weise zu erklären sind.

2. Sowohl die Experimente von BIRKELAND als die mathematischen Berechnungen von STÖRMER haben gezeigt, daß die Existenz einer Nordlichtzone eine notwendige Folge der Birkelandschen Anschauung ist. Die typische geographische Verteilung des Nordlichts ist damit wenigstens qualitativ theoretisch erklärt. Würde man aber mit der jetzigen Theorie einen quantitativen Vergleich anstellen, so würde man sofort gewissen Schwierigkeiten gegenüberstehen. Der anguläre Radius der Nordlichtzone beträgt etwa 20°, und sollte durch die magnetische Ablenkbarkeit der kosmisch elektrischen Strahlen eindeutig bestimmt werden. Nach der mathematischen Theorie von STÖRMER ergibt sich, daß die Größe $H_\varrho = \frac{m v}{e}$ etwa 5×10^5 betragen müßte, damit ein genügend großer Radius der Nordlichtzone entstehen könnte. Die Strahlen sollten also weniger ablenkbar als die α-Strahlen von *RaC* sein.

Wie wir später sehen werden, haben Untersuchungen über die Struktur und Lichtverteilung des Nordlichts gezeigt, daß die Strahlen eine viel größere Ablenkbarkeit besitzen müssen.

Der Mangel an Übereinstimmung bringt doch nicht die Birkelandsche Hypothese in Gefahr, sondern zeigt nur, daß nicht alle für die Bahnform maßgebende Verhältnisse in der Theorie mitgenommen sind. STÖRMER hat die Theorie erweitert und er zeigt in der Tat, daß man durch die Annahme von passenden außererdischen Stromsystemen auch mit sehr ablenkbaren Strahlen einen richtigen Wert für den Radius der Nordlichtzone erhalten kann.

Die Tatsache, daß Nordlichter außerhalb der Nordlichtzone auftreten, zeigt, daß störende Einflüsse, die man nicht in der jetzigen Form berücksichtigt hat, vorhanden sind. So werden z. B. die Nordlichter durch die gleichzeitig auftretenden magnetischen Störungen auf niedrige Breiten getrieben.

3. Auch die zeitlichen Veränderungen der Nordlichthäufigkeit wird man sich durch die Birkelandsche Hypothese verständlich machen können.

Die elfjährigen, jährlichen und monatlichen Variationen sind nur Folgen von der Tatsache, daß die Quelle auf der Sonne sitzt, und durch die Sonnentätigkeit beeinflußt wird.

Die tägliche Variation sollte theoretisch durch die Weise in welcher die Strahlenniederschläge in einem gegebenen Augenblick sich in der Nordlichtzone verteilen, bestimmt sein. Nun zeigen die Nordlichter ein ausgeprägtes Maximum etwa 1 Stunde vor magnetischer Mitternacht, und ein schwaches Maximum etwa 4 Uhr morgens nach magnetischer Ortszeit. Diese Häufigkeitsverteilung hat man theoretisch nicht herleiten können; man begegnet doch auch hier keinen prinzipiellen

Schwierigkeiten, denn die Bahnberechnungen und die Experimente zeigen, daß es wohl möglich ist, daß eine Strahlung direkt von der Sonne durch die magnetische Ablenkung eine maximale Niederschlagshäufigkeit auf der *Nachtseite* der Erde geben kann.

4. Die Theorie gibt uns auch eine mögliche Erklärung für die Bildung dünner Draperien.

Die Theorie der Draperiebildung, welche zuerst von STÖRMER gegeben ist, geht von der Annahme aus, daß die Strahlenquelle, von der Erde aus gesehen, eine merkliche anguläre Ausdehnung besitzt.

Ein Strahlenbündel mit ursprünglich kreisförmigem Querschnitt wird durch das magnetische Erdfeld so deformiert, daß an der Erdoberfläche der Querschnitt sehr langgestreckt wird, und die Länge kann — sagen wir — tausend Mal größer wie die Breite sein. Diese langgestreckten Formen fordern jedoch für ihre Bildung recht spezielle Bedingungen, die nicht für jede Lage der Sonne erfüllt sind. Die Draperien aber scheinen immer auftreten zu können.

Hier stehen wir wieder einer Schwierigkeit gegenüber, und außerdem kann man in dieser Weise nur die kürzeren Formen erklären. Der Nordlichtbogen z. B. — die häufigste von sämtlichen Formen — ist wie der Verfasser schon vor mehreren Jahren klargestellt hat, sehr schwer durch die Störmersche Theorie zu erklären.

Die Bogen, welche sich über den ganzen Himmel erstrecken und stundenlang dauern können, müssen sich in einem bestimmten Augenblick über einen recht großen Teil der Nordlichtzone erstrecken können. Nach der Theorie aber sollte man für eine bestimmte Stellung der Sonne nur einige bestimmte Niederschlagspunkte haben können.

Wie ich in früheren Arbeiten erwähnt habe, läßt sich vielleicht die Bogenbildung dadurch erklären, daß die Strahlen auf dem Wege von der Sonne — und in der Nähe der Erde — perturbierende Einflüsse erleiden.

Dies wird ungefähr so wirken, als ob in der Nähe der Erde eine recht ausgedehnte Strahlungsquelle vorhanden wäre, und in dem Falle wird man lange Bogen bekommen können. Durch die Perturbationen werden Strahlen, die sonst weiter in den Weltraum herausfliegen, in der Umgebung der magnetischen Äquatorialebene eingefangen und davon können sie weiter nach den Polarlichtzonen verteilt werden.

5. Auch gewisse Bewegungen des Nordlichts kann man sich durch die Theorie verständlich machen. Verändert sich die Strahlungsquelle auf der Sonne in Bezug auf Stärke und Intensitätsverteilung über die Oberfläche, so werden sich diese Änderungen als Pulsationen, Wellenbewegungen und Formänderungen manifestieren können. Weiter werden einige Bewegungen durch die Erdrotation zustande kommen können. Doch wird man auch hier die perturbierenden Einflüsse heranziehen müssen. Die beweglichsten Nordlichter treten ja gewöhnlich gleichzeitig mit den starken magnetischen Störungen auf, und die in Bezug auf Lage und Stärke sehr veränderlichen Perturbationssysteme müssen notwendig eine große Beweglichkeit am Nordlicht hervorrufen. Wie schon erwähnt, muß das Auftreten des Nordlichts an niedrigeren Breiten durch die Wirkung der magnetischen Störungen erklärt werden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die jetzige Theorie wohl die typischen Formen und Bewegungen sowohl als die räumliche und zeitliche Verteilung des Nordlichts verständlich macht. Die Theorie aber gestattet bis jetzt keinen quantitativen Vergleich. Dies bringt doch nicht die Richtigkeit der Birkelandschen Anschauung über die primären Ursachen der Erscheinungen in Gefahr. Der Mangel an Übereinstimmungen bedeutet nur, daß die mathematische Behandlung nicht alle auf die Strahlen wirkenden Kräfte in Betracht gezogen hat.

Die Theorie setzt voraus, daß die Strahlen nur der Wirkung eines zeitlich unveränderlichen Magnetfeldes ausgesetzt sind. In der Tat muß man hierzu noch die veränderlichen, teilweise von den Strahlen selbst herrührenden, magnetischen und elektrischen Felder berücksichtigen, und dazu ist, wie wir sehen werden, noch ein mehr oder weniger permanentes elektrisches Erdfeld vorhanden.

In der weiteren Entwicklung der Nordlichttheorie muß man deshalb versuchen, den Einfluß dieser Kräfte auf die Strahlenbewegung zu finden. Bei der Lösung dieser Aufgaben begegnet man teilweise außerordentlich schwierigen mathematischen Problemen, und es ist wohl zweifelhaft, ob man überhaupt soweit kommen wird, daß man eine Nordlichterscheinung genau mathematisch verfolgen kann.

Wir gehen dann zu dem zweiten Gebiet — die physikalische Natur des Leuchtprozesses — über.

Die physikalischen Erscheinungen, welche sich beim Nordlicht abspielen, hängen von den folgenden Verhältnissen ab:

1. Die Eigenschaften der Strahlen.
2. Die Konstitution der höheren Atmosphärenschichten.
3. Die in der Nordlichtregion herrschenden Kraftfelder.

Die wichtigsten beobachtbaren Erscheinungen sind die folgenden:

1. Die Höhe des Nordlichts.
2. Die Struktur und Richtung der Nordlichtstrahlen und die Verteilung der Lichtintensität den Strahlen entlang.
3. Die Zusammensetzung oder das Spektrum des emittierten Lichtes und die Variationen, welchen das Spektrum unterworfen ist.
4. Mögliche elektrische und magnetische Wirkungen, die man an der Erdoberfläche beobachten kann.

Zuerst wollen wir einige Bemerkungen über die Bestimmung der Art der elektrischen Strahlen machen.

Sowohl das Zeichen der Ladung als die magnetische Ablenkbarkeit gehen in die Bahnberechnung hinein, und könnte man die Bahnen, welche einem bestimmten Nordlicht entsprechen, berechnen, so waren damit sowohl Zeichen als magnetische Ablenkbarkeit bestimmt. Wie wir aber gesehen haben, gestattet die Theorie noch nicht einen quantitativen Vergleich.

Obwohl man nicht in dieser Weise die magnetische Ablenkbarkeit bestimmen kann, wäre es doch denkbar, daß man gewisse Eigenschaften aufsuchen könnte, welche von dem Zeichen der Ladung abhängen. Eine solche Eigenschaft hat man in der Bogenrichtung.

Nach der Theorie sollte nämlich der Bogen einen Teil einer Spirale bilden, und deshalb sollte der Bogen nicht ganz senkrecht auf der durch die magnetische Achse gelegten Ebene stehen. Bezeichnen wir die magnetischen Azimut des westlichen Bogenendes mit a_m, so sollte

$$a_m < 90°$$

positiven Strahlen, und

$$a_m > 90°$$

negativen Strahlen entsprechen.

Man findet in der Tat regelmäßig (nur mit einigen Ausnahmen) a_m größer als 90°. Das würde also auf negative Strahlen deuten.

Ganz sichere Anhaltspunkte für die Bestimmung der kosmisch elektrischen Strahlen im Nordlicht habe ich erst durch Untersuchungen über die Lichtverteilung und über das Nordlichtspektrum gefunden.

Auf der Grundlage eines großen Materials von dem Halddeobservatorium habe ich eine systematische Untersuchung über die Lichtverteilung verschiedener Formen gemacht.

Selbst für dieselbe Form variiert die Lichtverteilung sehr stark, ja an verschiedenen Stellen derselben Form können verschiedene Lichtverteilungen auftreten, obwohl die untere Grenze überall in derselben Höhe liegt.

Man muß dann annehmen, daß *die Absorption so vor sich geht, daß Strahlen von derselben Art, die überhaupt identisch sind, eine verschiedene Lichtverteilung, je nach den Umständen, geben können.* Welches sind nun diese Umstände? Sie müssen darin bestehen, daß die Absorption durch die vorhandenen *Kraftfelder* abgeändert werden kann.

Um die Abänderungen zu verstehen, braucht man nur das magnetische Feld der Erde zu berücksichtigen. Wir müssen annehmen, daß die Strahlen nicht den magnetischen Kraftlinien parallel gehen, sondern daß sie sich schraubenförmig um die Kraftlinien bewegen.

Wegen der Konvergenz der magnetischen Kraftlinien wird die Windungszahl pr. Längeneinheit in der Richtung der Kraftlinien mit abnehmender Höhe zunehmen, bis die Strahlenbahnen auf den Kraftlinien senkrecht stehen. Dann können sie eine ungeheure große Windungszahl auf eine kurze Strecke machen, und hier wird also der Strahl auf eine kurze Strecke sehr viele Stöße machen, und eine vergrößerte Lichtemission bewirken. Die Vergrößerung der Windungszahl hat eine ähnliche Wirkung wie eine Erhöhung des Druckes.

Wird der Strahl nicht ganz absorbiert, wird er sich weiter nach oben hinaufschrauben, und kann evtl. wieder nach dem Raume zurückkehren.

Die Umkehrpunkte können reell oder virtuell sein, je nachdem die Strahlen wirklich umkehren oder schon vorher gänzlich absorbiert werden. Nun ist es verständlich, daß je nach der Verteilung der Umkehrpunkte sich die Lichtverteilung den Strahlen entlang ändern wird.

Für die Formen, welche die maximale Intensität nahe am unteren Rande haben, liegen die Umkehrpunkte tief (virtuell). Bei den Strahlen liegen sie dem ganzen Strahl entlang verteilt (und sind vielfach reell).

Ist nun d der Durchmesser eines Strahles, so hat man

$$\frac{m v}{e} < H \frac{d}{2}$$

H ist die magnetische Feldstärke.

Setzen wir $H = 1/_3$, so ist:

$$\frac{m v}{e} < \frac{d}{4}.$$

Aus Messungen von dünnen Strahlen finde ich:

$$\frac{d}{4} < 10^4$$

$$\frac{m v}{e} < 10^4.$$

Die elektrischen Strahlen, welche die Nordlichter bewirken, müssen also eine sehr große magnetische Ablenkbarkeit haben. Für α-Strahlen hat man:

$$\frac{m v}{e} \quad \text{etwa} \quad 4 \times 10^5.$$

Sie sind zu wenig ablenkbar, und sie können also nicht so scharfe Strahlen und dünne Draperien geben, wie man tatsächlich beobachtet.

Nun müssen gleichzeitig die Strahlen bis zu einer Höhe von etwa 90—100 km herunterdringen können. Diese beiden Bedingungen können ohne weiteres die Kathodenstrahlen erfüllen.

Für positive Strahlen können wir annähernd die Luftreichweite x als Funktion von Masse, Ladung und Geschwindigkeit bestimmen. Ist $m = M/N$ die Masse, und $E = ne$ die Ladung, so ist:

$$x = 10^{-27} \frac{M}{n^2} v^3 \text{ cm}.$$

Die Bedingung für die Ablenkbarkeit ergibt:

$$v < 10^8 \frac{n}{M}$$

$$x < 10^{-3} \frac{n}{M^2} \text{ cm}.$$

Wasserstoffstrahlen würden sich am günstigsten stellen, aber auch diese geben eine sehr geringe Reichweite.

Könnte man die Stoffverteilung annähernd in der von WEGENER angegebenen Weise berechnen, so würde man — selbst von den leichten Gasen abgesehen — finden, daß Wasserstoffstrahlen nur bis zu Höhen von 135 km heruntergehen können.

Unsere ganze Kenntnis der Stoffverteilung in den höheren Atmosphärenschichten ist aber zu unsicher, um ganz sichere Schlüsse zu ziehen. Doch scheint es, als ob die Kathodenstrahlen die wahrscheinlichsten sind.

II.

Bei der Behandlung der Frage über die Natur der kosmischen Strahlen stoßen wir also auf die Schwierigkeit unserer unsicheren Kenntnis in den höheren Atmpsohärenschichten. Und hier müssen wir uns an das Nordlichtspektrum wenden.

Das Nordlichtspektrum ist schon seit langer Zeit der Gegenstand vieler Beobachtungen gewesen.

Wegen der sehr geringen Lichtstärke hat man Apparate von sehr geringer Dispersion benützen müssen, um an Lichtstärke zu gewinnen. Deshalb sind die älteren Messungen mit erheblichen Fehlern behaftet.

Gewöhnlich wird man im Spektroskop nur eine einzige grüne Linie sehen.

Nur bei starken Nordlichtern sieht man einige andere Linien, eine grüne Linie und eine Linie in Blau und unter gewissen Umständen auch Linien oder Bänder in Rot.

Als ich 1910 anfing, mich mit der Frage über die Natur der kosmischen Strahlen zu beschäftigen, habe ich sofort nach Anhaltspunkten im Nordlichtspektrum gesucht. Aber ich fand, daß die Bestimmungen zu ungenau waren, um eine Deutung des Spektrums zu ermöglichen. Und so lange man mit recht großen Fehlern rechnete, konnte man gewisse Stützen für die verschiedensten Deutungen finden.

Es waren also genauere Bestimmungen nötig, und schon 1912 habe ich für diesen Zweck eine Reise nach Bossekop, Finmarken, gemacht. Hier habe ich mich einige Monate aufgehalten, und habe teils Aufnahmen mit einem recht großen und lichtstarken Spektrographen gemacht, teils habe ich spektroskopische Messungen ausgeführt.

Obwohl der Spektrograph recht lichtstark war, habe ich selbst mit Expositionszeiten von mehreren Wochen nur die sechs stärksten Linien in Blau bekommen. Es konnte aber sicher festgestellt werden, daß diese Linien dem negativen Bandenspektrum des Stickstoffs angehörten.

Eine Aufnahme der Nordlichtlinie war nicht scharf — wahrscheinlich wegen Temperaturänderungen. — Dagegen machte ich eine Serie von spektroskopischen Messungen, die ergaben:

$$\lambda = 5576{,}9$$

Dieser Wert war beträchtlich größer als der damals angenommene 5570, und ich habe, um sichere Werte zu bekommen, die Messungen in Kristiania fortgesetzt. Ich brauchte dort ein Spektroskop, mit dem ich sicher den Fehler bis zu einem Bruchteil einer Ångströmeinheit herunterdrücken konnte.

Es ergab sich:

$$\lambda = 5577{,}6\ \text{Å}.$$

Ungefähr zur gleichen Zeit hat SLIPHER Aufnahmen vom Nachthimmel gemacht, und er findet für die grüne Linie:

$$\lambda = 5578{,}0\ \text{Å}.$$

Neulich hat BABCOCK mit Ausgangspunkt in diesen Bestimmungen die Dezimale mit einem Interferometer bestimmt, und man findet dann:

$$\lambda = 5577{,}35\ \text{Å}.$$

Die genaue Bestimmung machte die Deutung von dieser grünen Linie nicht einfacher.

Um möglicherweise auf die Spur zu kommen, habe ich mich entschlossen, mehr systematische Untersuchungen über das ganze Nordlichtspektrum zu machen.

Auf Grundlage meiner früheren Erfahrungen habe ich einen großen Glasspektrographen und einen großen Quarzspektrographen konstruiert und bei der Firma Carl Leiss, Berlin, machen lassen.

Weiter habe ich zwei kleine und sehr lichtstarke Spektrographen gebaut.

Die ersten waren für sehr lange Expositionszeiten und für genaue Wellenlängenbestimmungen bestimmt. Die kleinen sollten für Untersuchungen über die Variation im Nordlichtspektrum benutzt werden. Die Apparate wurden in Tromsö aufgestellt.

Besonders wichtig ist die Aufstellung der großen Spektrographen, womit man monatelang exponieren muß. Man muß sie schnell in Tätigkeit setzen können, und sie müssen unter annähernd konstanten Temperaturen stehen.

Dies habe ich dadurch erreicht, daß ich die Spektrographen in große passend geformte Kästen eingebaut habe. Die Kästen konnten um eine horizontale und eine vertikale Achse gedreht werden. Die Temperatur im Inneren wurde automatisch konstant gehalten.

Die letzten zwei Winter habe ich ein recht ausgedehntes und schönes Material bekommen, und alles ist noch nicht bearbeitet. Nur einige der wichtigsten Platten von dem ersten Winter sind ausgemessen und eine vorläufige Veröffentlichung ist erschienen.

Es zeigte sich, daß von den gemessenen 35 Linien und Bändern die meisten dem Bandenspektrum des Stickstoffs gehörten.

Die Nordlichtlinie und einige andere Linien oder Bänder konnten nicht mit bekannten Stickstofflinien identifiziert werden, sie konnten auch nicht auf andere möglich vorhandene Gase zurückgeführt werden.

Eine Atmosphärenschicht in Höhen über 100 km, welche größtenteils aus He und H bestehen sollte, existiert nicht.

Die grüne Linie kann nicht von einem Gas leichter als N herrühren, und schwerere Gase sind

sehr unwahrscheinlich, da sie sich nicht in diesen Höhen in genügenden Mengen halten können.

Dies habe ich dadurch zeigen können, daß ich Nordlichtspektren in verschiedenen Höhen aufgenommen habe.

Die grüne Linie zeigte sich relativ zu den Stickstoffbändern ein wenig stärker am unteren als am oberen Rand.

Dies Ergebnis spricht entschieden dafür, daß die Nordlichtlinie als eine Stickstofflinie, die unter ganz eigentümlichen Erregungsbedingungen zur Emission gebracht wird, anzusehen ist.

Aber unabhängig von der Frage über den Ursprung der grünen Linie zeigten diese Aufnahmen aus verschiedenen Höhen, daß der Stickstoff als dominierender Bestandteil bis zu sehr großen Höhen, und wahrscheinlich bis an der Grenze der Atmosphäre vorhanden sein müßte.

Nun beobachtet man indessen Nordlichter, welche Höhen bis 750 km erreichen.

Berechnet man nach den gewöhnlichen Gasformeln den Stickstoffdruck für verschiedene Höhen, so findet man schon in einer Höhe von etwa 110—120 km eine Stickstoffdichte, die zu gering ist, um die beobachtete Intensität des Nordlichts zu erklären. Die Gasgesetze können also nicht für diese höchsten Atmosphärenschichten gelten, es müssen andere Kräfte hinzutreten, welche den Stickstoff in die Höhe treiben. Hier können wohl nur elektrische Kräfte in Betracht kommen.

Ich wurde in dieser Weise zu der Ansicht geführt, daß die oberen Atmosphärenschichten elektrisch geladen sind, und diese Aufladung läßt sich als photoelektrische Wirkung sehr kurzwelliger Sonnenstrahlung erklären. Es bleibt ein Überschuß positiver Elektrizität zurück. Es entsteht ein elektrisches Feld mit aufwärts gerichteter Kraft und die positiv geladene Materie bekommt einen elektrischen Auftrieb.

Wäre die Materie noch als gasförmig zu betrachten und könnte man annehmen, daß die Gasdichte noch so groß sei, daß der elektrische Auftrieb sich gleichmäßig auf die Gasmasse in jedem Volumelement verteile, so hat man für die Druckänderung dp:

$$(1) \qquad dp = -(\varrho g - \sigma F)\, dh .$$

ϱ ist die Dichte, σ die elektrische Dichte, F die elektrische Kraft.

Von dem Gedanken ausgehend, daß die dominierende grüne Linie auch dem Stickstoff, als dominierender Bestandteil der höchsten Atmosphärenschichten, zuzuschreiben ist, mußte ich gleichzeitig nach einem Zustand suchen, welcher das eigentümliche Spektrum erklären könnte. Ich habe dann zuerst an die Möglichkeit gedacht, daß die grüne Linie in einer hoch ionisierten Stickstoffatmosphäre entsteht. Diese Annahme ist aber recht unwahrscheinlich, denn erstens ist das ganze identifizierbare Nordlichtspektrum hauptsächlich ein Bandenspektrum, und zweitens mußte man dann die Nordlichtlinie in den kondensierten Entladungen im Stickstoffgas beobachten können, was nicht der Fall ist. Drittens kann man, wie eine Überschlagsrechnung zeigte, kaum mit einem so ungeheuer großen Ionisierungsgrad (wenigstens nicht in der Nacht) rechnen.

Ich wurde dann auf den Gedanken geführt, daß möglicherweise die Temperatur so niedrig sei, daß der Stickstoff zu kleinen, festen, krystallinischen Partikelchen kondensiert sei, und daß diese Teilchen durch elektrische Kräfte in die Höhe getrieben würden.

Nun muß man allerdings nicht denken, daß alle Teilchen dieselbe Ladung und Masse besitzen. Die Teilchen unterscheiden sich von Gasmolekülen eben dadurch, daß die Atome in einem Krystallgitter angeordnet sind, und die Atomzahl der Teilchen variiert zwischen gewissen Grenzen. Diese Zustandsform habe ich mit dem Namen *Pseudogas* bezeichnet. Die Teilchen, für welche die Ladung (E) im Verhältnis zur Masse (m) so groß ist, daß $\frac{E}{m} F > g$, bewegen sich aufwärts. Variieren in diesen Höhen F und g ungefähr in derselben Weise mit der Entfernung vom Erdzentrum, so bewegen sich die Partikeln aufwärts, solange $\frac{E}{m}$ sich nicht ändert, und sie würden also die Erde verlassen.

Es müssen also Umstände vorhanden sein, welche die Wahrscheinlichkeit für das Wegfliegen von den Partikeln praktisch auf Null herunterdrücken. Von solchen Umständen habe ich in meinen Publikationen die folgenden herangezogen:

Die geladenen Partikeln stoßen gegen andere und nehmen Elektronen auf, wodurch die Ladung vermindert wird. Es können auch freie Elektronen herumfliegen, und diese können von den Partikeln aufgenommen werden. Durch diesen Austausch von Ladung werden sich die Partikeln bald aufwärts bewegen, bald wieder sinken, und andere Partikeln werden in die Höhe getrieben.

Je größer die Partikeln sind, je geringer ist die Wahrscheinlichkeit für eine große Beschleunigung aufwärts, und je größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß sie auf eine gewisse Strecke eine Umladung erfahren.

Durch das Magnetfeld der Erde werden die geladenen Partikeln eine Neigung dazu haben, den magnetischen Kraftlinien zu folgen. Sie können also nur entweder an den Polen oder in der Nähe der magnetischen Äquatorialebene die Erde verlassen. Werden immer Elektronenstrahlen von der Sonne emittiert, so würden diese Strahlen recht konstante Elektronenströme außerhalb der Atmosphäre veranlassen können, welche sich hauptsächlich um die Äquatorialebene und die Polen konzentrieren. Diese Elektronenströme können erstens die so hoch gehenden positiven Partikeln neutralisieren, zweitens können sie eine Verminderung des elektrischen Feldes hervorrufen.

Jedenfalls müssen wir uns denken, daß die Partikeln immer ihre Ladung vertauschen, und je

nach dem Ladungszustand wird eine Partikel bald steigen, bald sinken. Für dieses System gelten nicht die gewöhnlichen Gasgleichungen, auch nicht die Gleichung (1), es herrscht kein Gleichgewicht und es ist überhaupt schwer, bis jetzt etwas Bestimmtes über die Materienmenge zu sagen, welche in dieser Weise durch elektrische Kräfte in einer abnormalen Höhe gehalten wird.

Es ist in dieser Verbindung von Interesse zu erwähnen, daß die Materienmenge, welche für die Erklärung des Aufleuchtens der Meteore nötig ist, keine Schlüsse über die Temperatur der obersten Atmosphärenschichten gestattet, wie von den Herren LINDEMANN und DOBSON gemacht wird.

Das Magnetfeld der Erde und auch die Variation der Sonnenstrahlung mit der Breite bewirken, daß verhältnismäßig viele Partikeln in den Äquatorialgegenden sich in großen Höhen akkumulieren. Die Flächen gleicher Dichte verlaufen nicht überall in gleicher Höhe, sondern man muß erwarten, daß sie bei den Polen viel niedriger liegen als in den Äquatorialgegenden. Die Staubatmosphäre hat die Form einer Linse. Diese Staublinse wird lange nach dem Sonnenuntergang von den Sonnenstrahlen getroffen, und durch Streuung des Lichtes sollte man einen diffusen Lichtkegel sehen. Wir haben mit anderen Worten in dieser Weise eine einfache Erklärung des *Zodiakallichtes* gefunden. Diese so rätselhafte Lichterscheinung sollte also eine *Dämmerungserscheinung* in der Staubatmosphäre sein.

Die Staubatmosphäre erklärt auch das Funkeln der Fixsterne und das Ausbleiben des Funkelns bei den Planeten. Da die Partikeln größtenteils eine vertikale Bewegung haben, versteht man auch, daß das Funkeln mit der Zenitdistanz abnimmt.

Die grüne Linie, welche im Nordlichtspektrum dominiert, entsteht nach dieser Auffassung, wenn pseudogasförmiger Stickstoff von elektrischen Strahlen getroffen wird. Bei den Strahlenstößen wird unter gewissen Stoßbedingungen der Partikel etwas Wärme zugeführt, und es kann sich molekularer Stickstoff bilden. Nun wird aber das so gebildete Gas wieder bald frieren; ist aber die Strahlendichte groß, wie bei den dünnen Draperien und den intensiven dünnen Bogen der Fall ist, so kann eine recht große Verdampfung im bestrahlten Volumen stattfinden. Diese momentanen Zustandsänderungen entsprechen Änderungen des emittierten Lichtes, und hierdurch erklären sich einfach die sonst rätselhaften Farbenänderungen, welche für die *konzentrierten* Nordlichtformen so charakteristisch sind.

Die angegebene Konstitution der höheren Atmosphärenschichten macht es auch ohne weiteres verständlich, warum man nicht früher das typische Nordlichtspektrum experimentell reproduziert hat, und in der Tat sind die Umstände, unter welchen das Nordlichtspektrum hervorgerufen wird, äußerst schwer zu reproduzieren. Man müßte pseudogasförmigen Stickstoff darstellen und mit elektrischen Strahlen bombardieren. Damit aber die krystallinischen Stickstoffpartikeln wirklich als solche von den Strahlen getroffen werden, muß man — wie in der Nordlichtregion — Strahlenbündel von sehr geringer Dichte benutzen. Es wäre doch denkbar, daß man die typischen Züge des Nordlichtleuchtens in der Weise reproduzieren könnte, daß man eine Schicht von festem Stickstoff mit elektrischen Strahlen bombardiert.

Anregungsversuche dieser Art habe ich in dem kryogenen Laboratorium von KAMERLINGH ONNES in Leiden während des letzten Jahres ausführen können.

Bei den ersten im Januar 1924 ausgeführten Versuchen wurde fester Stickstoff mit flüssigem Wasserstoff gekühlt und mit langsamen Kathodenstrahlen von einer Wehnelt-Kathode angeregt. Wenn die Spannung auf einige hundert Volt erhoben wurde, erregten die Kathodenstrahlen auf der Stickstofffläche ein sehr lebhaftes Leuchten mit grüner Farbe. Die Spektralaufnahmen zeigten zuerst zwei diffuse Linien in Grün N_1 und N_2. Die letzte ist recht scharf, und die Wellenlängenmessungen ergaben eine Wellenlänge 5230 Å. Die Linie N_1 war breiter und zeigte eine Struktur. Die Wellenlängenmessungen zeigten, daß N_1 sich auf beiden Seiten der grünen Nordlichtlinie 5577 Å. ausdehnte. Unter passenden Erregungsbedingungen konnte erreicht werden, daß das N_1-Band in bezug auf Intensität das ganze Leuchten beherrschte, gerade wie die grüne Linie 5577 das Nordlichtspektrum beherrscht.

Auch N_2 ist im Nordlichtspektrum vorhanden. Unter starken Nordlichtern kann man eine zweite Linie in Grün spektroskopisch beobachten. Die vorliegenden Wellenlängenmessungen sind recht unsicher. Als Durchschnittswert findet man 5230 in Übereinstimmung mit der für N_2 gefundenen Wellenlänge.

In Blau und Violett bekommt man unter den erwähnten Anregungsbedingungen gerade die im Nordlichtspektrum hervortretenden Stickstoffbänder und mit derselben typischen Intensitätsverteilung.

Wenn die Erregung aufhörte, blieb die Fläche noch leuchtend. Im Spektroskop konnte ich zuerst nur die Linie N_2 sehen. Später habe ich, wie wir später näher erörtern werden, auch N_1 und Bänder in Rot und Blau im Nachleuchten beobachtet. Die Linien, welche im Nachleuchten vorkommen, sind also eine für die feste Form charakteristische Leuchterscheinung, und gerade dieses Leuchten entspricht den rätselhaften grünen Linien im Nordlichtspektrum. Was die im Nordlichtspektrum und im Spektrum von festem Stickstoff vorkommenden negativen und positiven Bänder in Blau und Violett betrifft, habe ich diese nicht im Nachleuchten beobachtet, und sie können möglicherweise in einer kalten, durch die Strahlen gebildeten, gasförmigen Oberflächeschicht entstehen.

Schon die ersten Experimente hatten also ergeben, daß der feste Stickstoff gerade den Leuchteffekt gibt, welcher nach meiner Anschauung über die höheren Atmosphärenschichten zu erwarten wäre, und sie hatten so meine Auffassung bestätigt.

Nun ist es allerdings wahrscheinlich, daß man nicht nur in den oberen Atmosphärenschichten, sondern auch anderswo im Weltraume mit Ansammlungen von Materie in pseudogasförmigem Zustand zu tun hat. Besonders wäre die Annahme naheliegend, daß gewisse Sternnebel — welche, wie das Nordlicht, einige hervortretenden aber nicht identifizierbaren Linien zeigen — eine ähnliche Konstitution besitzen, nur daß andere Substanzen, vielleicht Wasserstoff und Edelgase in Frage kommen.

Die neue Anschauung der oberen Atmosphärenschichten sowohl als der neu entdeckte besondere Leuchteffekt des festen Stickstoffs eröffnet eine Reihe von Fragen, deren Beantwortung teils von einem rein physikalischen, teils von einem kosmisch physikalischen Gesichtspunkte aus von größter Bedeutung ist.

Wie verhält sich der feste Stickstoff gegenüber Kanalstrahlen? Sind nur Kathodenstrahlen imstande, das typische Nordlichtspektrum zu geben? Kann man auch im Nordlichtspektrum charakteristische Bänder in Rot und Ultraviolett im Spektrum des festen Stickstoffs wiederfinden?

Welche Struktur und Erregungsbedingungen haben die Bänder des festen Stickstoffs (z. B. N_1 und N_2)?

Wie verhalten sich andere Gase, wenn sie in fester Form mit elektrischen Strahlen bombardiert werden? z. B. H_2, Ne, O_2, Ar, und zusammengesetzte Gase wie NH_3, NO, NO_2, CO, CO_2, H_2O usw.

Und hat das emittierte Leuchten Beziehungen zu unerklärten Linien des kosmischen Gebietes?

Kann man die Struktur von den N_1- und N_2-Bändern beeinflussen, und wie verhalten sie sich bei der Temperatur von flüssigem Helium?

Wie ist die Phosphorescenzeigenschaft des festen Stickstoffs zu erklären? Hat man es hier mit einem phosphorescenzfähigen Element zu tun? Wäre dies der Fall, müßten unsere früheren Vorstellungen über die Natur der Phosphorescenz fundamental geändert werden.

Welche Spannungen sind notwendig, um das Phosphorescenzleuchten des festen Stickstoffs mit Kathodenstrahlen anzuregen?

Läßt sich das Leuchten des festen Stickstoffs auch mit ultraviolettem Licht oder Röntgenstrahlen anregen?

Es sind hier einige der wichtigsten Fragen angedeutet worden, welche ich mir für weitere Ausforschung bei meiner Rückkehr nach Leiden, Ende Februar vorigen Jahres, gestellt hatte.

Die Untersuchungen von dem Leuchten von festem Wasserstoff und Neon und die übrigen Versuche, welche flüssiges Helium verlangten, wurden sofort geplant, und die Konstruktion und Verarbeitung der nötigen Apparate in Arbeit gesetzt. Diese Versuche selbst konnten erst im Juni angefangen werden, und werden jetzt noch fortgesetzt. Die Ergebnisse der Versuche bei der Temperatur des flüssigen Heliums sind noch nicht veröffentlicht.

Zuerst war es von Wichtigkeit, die Eigenschaften des entdeckten Stickstoffeffektes genauer zu studieren, und außerdem diejenigen Gase zu untersuchen, welche bei der Temperatur von flüssigem Wasserstoff in fester Form auftreten.

Im Laufe einiger Monate ist eine bedeutende Anzahl Beobachtungen und Spektralaufnahmen gemacht worden, und hierdurch ist eine erste Orientierung in dem neuen Gebiet gewonnen.

Die gestellten Probleme sind bei weitem noch nicht erschöpfend behandelt worden, und neue Fragen sind durch die Untersuchungen entstanden. Außerdem liegen noch keine ausführlichen Bearbeitungen und Veröffentlichungen des bis jetzt gewonnenen Materials vor.

Nichtsdestoweniger läßt sich eine Reihe interessanter Ergebnisse direkt aus den Beobachtungen entnehmen. Einige der wichtigsten Resultate, welche besonders in enger Beziehung zum Nordlichtproblem stehen, sollen hier kurz erwähnt werden.

Für eine genauere Bestimmung des Spektrums von festem Stickstoff habe ich bei meiner Rückkehr nach Leiden einen lichtstarken Spektrographen von recht großer Dispersion mitgebracht, und schon kurz nachher (im März) habe ich die ersten Aufnahmen des neuen Effekts mit diesem Apparate gemacht.

In bezug auf die grünen Bänder N_1 und N_2 ergaben die Aufnahmen mit großer Dispersion nichts wesentlich Neues. Gerade wie bei den ersten Aufnahmen mit dem kleinen Spektrographen erschien N_2 als eine einzige diffuse Linie mit einer Wellenlänge von etwa 5230 Å. In bezug auf das Band N_1 hatten schon die ersten Aufnahmen gezeigt, daß es sich auf beiden Seiten der Nordlichtlinie ausdehnte, und daß es wenigstens zwei Maxima besaß. Die Aufnahmen von großer Dispersion zeigten, daß N_1 in Wirklichkeit drei Maxima, ein starkes Hauptmaximum mit einer Wellenlänge 5555 Å und zwei schwächere Nebenmaxima mit Wellenlängen 5611 und 4649 Å, hatte. Die Nordlichtlinie 5577, die, wie wir wissen, sehr scharf ist, liegt im Bereich des Bandes, fällt aber mit keinem von den drei Maxima zusammen. Die Struktur und Breite des N_1-Bandes ändert sich nicht wesentlich mit Art und Geschwindigkeit der erregenden Strahlen. Auch nicht eine Temperaturerniedrigung mit Hilfe von flüssigem Wasserstoff unter reduziertem Druck oder mit Hilfe von flüssigem Helium hat eine Änderung der Struktur des N_1-Bandes verursacht.

Wenn die Nordlichtlinie und das Band N_1 als verschiedene Formen desselben Effektes anzusehen sind, könnte man nicht annehmen, daß die Schärfe der Nordlichtlinie wesentlich auf bestimmte Strahleneigenschaften und eine gewisse Temperatur beruhen könnte, denn in dem Falle müßte man auch im Nordlicht unter Umständen eine verbreiterte Nordlichtlinie beobachten. Die Schärfe der Nordlichtlinie muß — meiner Ansicht nach — durch die geringe Teilchengröße erklärt werden, und die Nordlichtlinie ist die Grenzform des N_1-Bandes,

wenn die Partikeln sich einer molekulären Größenanordnung nähern.

Professor MAC LENNAN in Toronto hat die Erregungsversuche in festem Stickstoff wiederholt, und er findet für N_1 dieselben drei Maxima. Er behandelt aber diese Maxima, als wären sie Spektrallinien bestimmter Wellenlängen einer gasförmigen Lichtquelle, und aus dem Umstand, daß keines von den drei Maxima mit der Nordlichtlinie zusammenfällt, zieht er den Schluß, daß N_1 nichts mit der Nordlichtlinie zu tun hat.

Die Behauptung von MAC LENNAN gründet sich also nicht auf Unterschiede in bezug auf experimentelle Tatsachen, sondern darauf, daß er die Natur des Effekts anders auffaßt. Ich habe aber experimentelle Ergebnisse bekommen, welche ohne weiteres zeigen, daß die Mac Lennansche Auffassung unrichtig ist. Erstens habe ich zeigen können, daß sowohl N_1 als N_2 für die *feste Form* des Stickstoffs charakteristisch sind, zweitens sind die Wellenlängen der Maxima veränderlich, und sie können also nicht als Spektrallinien in gewöhnlichem Sinn mit bestimmten Wellenlängen — wie MAC LENNAN es tut — aufgefaßt werden. Weiter sind Experimente gemacht, die bestimmt darauf deuten, daß die Breite des N_1-Bandes mit abnehmender Teilchengröße geringer wird.

Freilich habe ich noch nicht erreicht, pseudogasförmigen Stickstoff herzustellen und anzuregen, es ist mir aber gelungen, diesem Zustand etwas näher zu kommen und zu zeigen, daß der Effekt dadurch sich in der erwarteten Richtung ändert. Ich habe dies dadurch erreicht, daß ich Mischungen von Stickstoff mit einem inaktiven Gas (Argon) kondensiert habe. Die Stickstoffpartikeln sind dann in dem inaktiven festen Argon eingebettet, und je kleiner die Stickstoffkonzentration, je kleiner ist die durchschnittliche Teilchengröße des Stickstoffs in dem krystallinischen Gemisch.

Es zeigte sich, daß Spuren von Stickstoff schon genügten, um einen kräftigen Stickstoffeffekt zu geben, und in Übereinstimmung mit meiner Ansicht wurde bei abnehmender Konzentration das Band N_1 viel schärfer, die Nebenmaxima verschwanden, und nur das Hauptmaximum blieb zurück als eine etwas diffuse Linie. Gleichzeitig verschob sich das Hauptmaximum in die Richtung der Nordlichtlinie.

Der Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung über die Konstitution der höheren Atmosphärenschichten stützt sich nicht nur auf die Koordination von N_1 mit der Nordlichtlinie. Von den schon früher erwähnten Verhältnissen des Nordlichts, welche durch meine Auffasung einfach erklärt werden, abgesehen, haben wir weiter das *ganze* Nordlichtspektrum mit der ganz besonderen Auswahl von Linien zu berücksichtigen.

Nun stimmt auch die zweite grüne Linie N_2 innerhalb der Fehlergrenze mit einer Nordlichtlinie überein[1]) und außerdem gibt, wie ich schon erwähnt habe, Anregung mit Kathodenstrahlen auch das typische Nordlichtspektrum in Blau und Violett wieder.

Aufnahmen mit einem Quarzspektrographen von dem Leuchten des mit Wehnelt-Kathodenstrahlen angeregten festen Stickstoffs haben gezeigt, daß die Übereinstimmung sich bis ins Ultraviolett erstreckt.

Auf rotempfindlichen Platten, wo die Nordlichtlinie stark exponiert ist, habe ich zwei Linien oder Bänder in Rot beobachtet. In dem Leuchten festen Stickstoffs finde ich auch zwei Bänder, die innerhalb der jetzigen Genauigkeit mit den erwähnten Nordlichtbändern zusammenfallen. Die eine von diesen Linien hält sich auch im Nachleuchten in derselben Weise wie N_2. Diese rote Linie ist also auch charakteristisch für die feste Form. Das Leuchten von festem Stickstoff mit Wehnelt-Kathodenstrahlen angeregt gibt also in *dem ganzen Bereich von Rot bis Ultraviolett das typische Nordlichtspektrum wieder.*

Nicht weniger wichtig ist es, daß die Übereinstimmung sich auch auf die Intensitätsverhältnisse im Spektrum erstreckt. Besonders wichtig ist, daß man hier einen Leuchtvorgang hat, welcher die dominierende Stärke der Nordlichtlinie erklärt.

Unter den Umständen, unter welchen man gewöhnlich experimentieren muß, ändert sich das Verhältnis N_1/N_2 sehr stark. Es wächst sowohl mit wachsender Strahlgeschwindigkeit als auch mit wachsender Dichte der erregenden Strahlen. Bei Verminderung der Spannung habe ich N_2 bis zu einer Spannung von 78 Volt beobachtet, während N_1 nur bis zu 165 Volt beobachtet worden ist. In dem Spannungsbereich 78—165 Volt habe ich also nur N_2 beobachtet, und auch bei höherer Spannung, wenn die Strahlendichte gering ist, kann N_2 gegenüber N_1 dominieren. Wenn aber die Strahlendichte, und auch nicht die Spannung, allzu gering ist, so kann man erreichen, daß N_1 das ganze Leuchten dominiert.

Nun ist es besonders wichtig, daß eine Verminderung der Teilchengröße eine Vergrößerung von N_1/N_2 verursacht. Wenn eine Argonfläche nur Spuren von Stickstoff enthält, wird N_2 beinahe verschwindend klein im Verhältnis zu N_1, gerade wie die Nordlichtlinie 5577 gegenüber 5230 eine dominierende Stärke aufweist.

Untersuchungen über die Richtung der Nordlichtbogen und besonders über die Struktur und Lichtverteilung der Nordlichtstrahlen hatten mich zuletzt zu der Überzeugung geführt, daß das Nordlicht durch recht langsame Kathodenstrahlen verursacht sein müßte. Deshalb wurden auch Wehnelt-Kathodenstrahlen bei den ersten Erregungsversuchen verwendet.

Wenn wir das System, welches das Nordlicht emittiert, wenigstens annähernd im Laboratorium herstellen können, so hat man sofort eine neue Möglichkeit für die Bestimmung der Art der Wellenlängebestimmung dieser Linie die Aufmerksamkeit gerichtet.

[1]) Bei meinen fortgesetzten Beobachtungen über das Nordlichtspektrum habe ich besonders auf die

kosmischen Strahlen, die die Nordlichter hervorrufen.

Um diese Frage zu beantworten, habe ich festen Stickstoff mit *Kanalstrahlen* von Stickstoff, Wasserstoff und Helium angeregt. Es zeigte sich, daß die Bänder N_1 und N_2 auch durch Kanalstrahlen angeregt wurden; in Blau, Violett und Ultraviolett ergaben die positiven Strahlen eine Serie von bis jetzt unbekannten, recht starken Bändern, die nicht im Nordlichtspektrum vorkommen. Auf Grundlage unserer Auffassung über die Konstitution der höheren Atmosphärenschichten kann man hieraus schließen, *daß der überwiegende Teil des Nordlichts durch Kathodenstrahlen verursacht wird.*

Werden Gemische von Argon und Stickstoff mit Kanalstrahlen angeregt, so ändert sich die Lage und Breite des Bandes N_1 in der erwähnten Weise, und bei geringer Stickstoffkonzentration wird N_1 recht scharf und dominiert im Verhältnis zu N_2. Eine ähnliche Änderung erleiden die diffusen Kanalstrahlenbänder in Blau und Violett; sie werden bei abnehmender Stickstoffkonzentration schärfer, und die Maxima verschieben sich nach kürzeren Wellen.

In Blau und Violett wird das Spektrum von zwei Doppelbändern beherrscht; welche bei geringer Stickstoffkonzentration die Wellenlängen (4523, 4473) und (4236, 4211) besitzen. Innerhalb der Genauigkeitsgrenze entsprechen diese Bänder den neulich von Lord RAYLEIGH im Leuchten des Nachthimmels entdeckten Bändern. *In den Fällen, wo die Rayleighschen Bänder auftreten, sollte also das Nachthimmellicht größtenteils durch positive Strahlen verursacht werden.* Diese Strahlen stammen möglicherweise von der Atmosphäre selbst und sind einfach einige der kleinsten, geladenen Teilchen, die im elektrischen Felde eine für Lichterregung genügende Geschwindigkeit bekommen.

Im Nachleuchen sieht man gewöhnlich nur N_2 und im Falle, daß die roten Bänder stark auftreten, sieht man auch ein scharfes, rotes Band, welches sich im Nachleuchten wie N_2 verhält. Das Nachleuchten dauert gewöhnlich nur einige Minuten; wenn aber die Stickstofffläche einige Zeit der Wirkung von Kanalstrahlen oder schnellen Kathodenstrahlen ausgesetzt ist, kann das Nachleuchten beinahe permanent werden. Nur die ersten paar Minuten nach Entfernung der Strahlen bemerkt man eine Abnahme, wonach das Leuchten sich stundenlang ohne merkbare Abnahme halten kann. Dieses dauerhafte Leuchten zeigt gewöhnlich nur N_2, aber in einigen Fällen, wenn es sehr stark gewesen ist, habe ich auch N_1 und ein diffuses Band in Blau gesehen. *Der neue Lichteffekt ist also eine Art von Phosphorescenz, und diejenigen Bänder und Linien, welche im Nachleuchten auftreten, sind für die feste Form charakteristisch. Der Lichteffekt ist vom physikalischen Gesichtspunkt aus dadurch sehr bemerkenswert, daß man es hier, wie es scheint, mit einem phosphorescenzfähigen Element zu tun hat.*

Wenn der flüssige Wasserstoff verschwindet und die Temperatur allmählich auf einen gewissen Punkt steigt, fängt der Stickstoff an, sehr intensiv aufzuleuchten, indem die aufgespeicherte Energie, welche das Nachleuchten unterhält, plötzlich frei wird. Die Farbe dieses Aufleuchtens ist zuerst Grün, geht aber bald ins Blaue über. Im Spektroskop sieht man wenigstens anfangs N_1 und N_2 sehr stark, und außerdem Bänder in Rot, Blau und Violett. Dieses Aufleuchten ist von einer Umwandlung des festen Stickstoffs begleitet. Von einer eisähnlichen Konsistenz bekommt der feste Stickstoff das Aussehen eines lose zusammengeketteten Pulvers, und die ganze Masse löst sich von der Kupferfläche und fällt oft herunter. Es findet also eine krystallinische Umlagerung statt. Die Existenz eines solchen Umwandlungspunktes ist schon aus früheren Versuchen über die spezifische Wärme bekannt. Die Umwandlung findet bei etwa 35,5° statt. *Nach der Umwandlung hat der feste Stickstoff ganz andere Erregungseigenschaften bekommen. Bombardement mit elektrischen Strahlen gibt nur ein sehr schwaches Leuchten und das Spektrum hat sich fundamental geändert, N_1 und N_2 werden nicht emittiert. Man beobachtet auch kein Nachleuchten.* Der Phosphorescenzeffekt ist also für die unter 35,5° existierende Krystallform charakteristisch, und nur in dieser Form kann die Substanz eine Phosphorescenzenergie enthalten. Diese Energie kann nicht in die zweite nicht phosphorescenzfähige Modifikation übergehen, deshalb das Aufleuchten beim Übergangspunkt.

Diese Eigentümlichkeit des festen Stickstoffs hat ganz interessante Beziehungen zu kosmischen Erscheinungen. *In dem Teil der Atmosphäre, wo die Nordlichtlinie auftritt und die große Erregbarkeit des Stickstoffs stattfindet, muß die Temperatur unter 35,5° abs. liegen, und man bekommt in der Weise ein „Thermometer" für die höchsten Atmosphärenschichten.* Die isotherme Fläche in der Atmosphäre, welche 35,5° entspricht, trennt eine obere leicht erregbare Schicht von einer unteren, welche diese hohe Erregbarkeit verloren hat. In dieser Weise erklären sich ohne weiteres die von LINDEMANN gefundenen bemerkenswerten Verhältnisse bei dem Auftreten der Meteore. Er findet, daß die Häufigkeit der Meteore als Funktion der Höhe zwei von einem auspegrägten Minimum getrennte Maxima aufweist. Das obere Maximum entspricht dem leicht erregbaren Stickstoff über der 35,5° Isotherme. Unter dieser Fläche verschwinden oft die Meteore wegen der geringen Erregbarkeit. Erst wenn sie weiter herunterdringen, werden sie wegen der großen Dichte zum Leuchten erhitzt. Die isotherme Fläche 35,5° muß höher im Sommer als im Winter liegen, und in Übereinstimmung damit findet LINDEMANN, daß das höhere Maximum im Sommer in einer Höhe von 85 km liegt, während es im Winter 10 km tiefer liegt. Das Maximum sollte annähernd mit der 35,5°-Isotherme zusammenfallen. Unter gewissen Umständen kann der Stickstoff über der 35,5°-Fläche zu schwachem, dauerhaftem Nachleuchten angeregt werden. Wenn dieser Stickstoff sinkt und die 35,5°-Fläche pas-

siert, wird er die aufgespeicherte Phosphorescenzenergie abgeben müssen, und es bildet sich eine leuchtende Schicht.

In dieser Weise bekommt man eine natürliche Erklärung der leuchtenden Nachtwolken, die ja gerade in Höhen von etwa 80 km auftreten, oder in etwa derselben Höhe wie das obere Häufigkeitsmaximum der Meteore.

Wenn die Temperatur 35,5° abs. in einer Höhe von etwa 80 km zu suchen ist, so hat man einen sehr wichtigen Anhaltspunkt für die Bestimmung der Temperatur oberhalb der Troposphäre gefunden. Wenn man von 80 km Höhe nach unten geht, wird die Temperatur wahrscheinlich auf eine recht kurze Strecke schnell ansteigen, bis man bei dem Übergang zur Troposphäre eine annähernde konstante Temperatur bekommen hat.

Zum Schluß will ich noch erwähnen, daß neugebildeter, fester Stickstoff nicht durch ultraviolettes Licht von einem Aluminiumfunken erregt werden konnte. Im Zustand des dauerhaften Nachleuchtens dagegen konnte man mit einer gewöhnlichen Glühlampe ein helles Aufleuchten der Fläche hervorrufen. Röntgenstrahlenerregung ergab das gewöhnliche Nachleuchten.

Die anderen untersuchten Gase, O, Ar, NH_3 und N_2O gaben in reinem Zustand mit elektrischen Strahlen meistens nur ganz schwaches Leuchten und kein Nachleuchten.

Festen Wasserstoff mit flüssigem Helium gekühlt habe ich bis jetzt nur spektroskopisch beobachtet. Das Leuchten ist recht schwach und unterscheidet sich wesentlich von demjenigen von festem Stickstoff, und kann nicht für die Erklärung des typischen Nordlichtspektrums in Betracht kommen.

Von den untersuchten Gasen ist es also nur Stickstoff in der unterhalb 35,5° abs. existierenden Krystallform, der das ganz besonders starke Phosphorescenzleuchten zeigt, und nur dieses Leuchten korrespondiert mit dem Nordlichtspektrum.

Oslo, Januar 1925.

Betrachtungen zum Flugzeugbau.

Von O. MADER, Dessau[1]).

Wie jedes technische Werk ist auch das Flugzeug ein Kompromiß. Das *Element*, in dem es sich bewegen soll, die Luft, der *Aufbau*, und zwar im weitesten Sinne, der Gefüge-Aufbau der Baustoffe, die Konstruktions-Elemente und der Gesamt-Aufbau der Flugzeuge, die *Kraftquelle* (Maschinenanlage) und, was beim Flugzeug ganz besonders in Erscheinung tritt, der *Mensch*, dem das Flugzeug dienen soll, stellen eine Reihe von Anforderungen und Bedingungen, deren gleichzeitige Berücksichtigung gerade beim Flugzeugbau besonders gründliche theoretische und Versuchsarbeit erfordert.

Die erste Gruppe von Fragen gehört in das Gebiet der Aerodynamik, der Lehre von der Strömung der *Luft*. Auf diesem Gebiet hat die deutsche Wissenschaft Hervorragendes geleistet. Die Versuchsanstalt von Professor PRANDTL in Göttingen und die von Professor JUNKERS in Aachen und Dessau haben der Wissenschaft neue Erkenntnisse gebracht; nicht nur im Flugzeugbau, auch im verwandten Automobilbau haben uns die letzten Jahre neue Formen gebracht, die bei diesen Forschungsarbeiten als die günstigsten gefunden wurden.

Den auftretenden Beanspruchungen muß durch den *Aufbau* des Flugzeuges Rechnung getragen werden, und in diesem Zusammenhang ist das heute so moderne Problem des Leichtbaues von besonderer Wichtigkeit. Bis vor wenigen Jahren war die Möglichkeit, solche leichten Konstruktionen, wie sie das Flugzeug verlangt, zu bauen, nur bei Verwendung von Holz und Stoff gegeben. Wir erleben heute ähnliches wie bei der Entwicklung des Schiffbaues. Beim Überschreiten gewisser Größen muß, um die ganze Konstruktion nicht entweder zu kompliziert oder zu schwer zu gestalten, ein neuer Baustoff verwendet werden. Kurz, die kleinen Flugzeuge werden wohl noch lange aus Holz und Stoff gebaut werden, die Großflugzeuge dagegen, auf welche die Entwicklung ganz konsequent hinführt, werden ausschließlich aus Metall, in erster Linie den neuen Leichtmetallen wie Duralumin, Elektron und anderen hergestellt werden.

Die *Kraftanlage* des Flugzeuges ist naturgemäß ein ausschlaggebender Faktor bei der ganzen Entwicklung des Flugzeugbaues. Erst die Schaffung des Leichtmotors, der im Verhältnis zu der entwickelten PS-Zahl ein äußerst geringes Gewicht aufweist, hat die Entwicklung des Flugzeuges möglich gemacht.

Schließlich muß im Flugzeugbau die Physis und Psyche des *Menschen* selbst mehr als bei jeder

[1]) Vortrag, gehalten auf der Tagung des „Vereins Deutscher Ingenieure" in Hannover am 1. Juni 1924.

Die vorjährige Hauptversammlung des „Vereins Deutscher Ingenieure" vom 31. Mai bis 2. Juni stand im Zeichen des Luftverkehrs und des Flugzeugbaus. Die Theorie bildete das Thema eines großen Teils der Vorträge; die Praxis wurde den Teilnehmern durch Rundflüge vor Augen geführt.

Die Reihe der Vorträge wurde eröffnet von Sr. Exzellenz Dr. von MILLER, der die Probleme des Luftverkehrs vom Standpunkt des Verkehrspolitikers und des kulturellen Fortschritts betrachtete.

Den zweiten Vortrag hielt hierauf Dr.-Ing. MADER, Direktor der Forschungsanstalt Professor JUNKERS, Dessau, über die allgemein konstruktiven Fragen des Flugzeugbaus. Der Stand der technischen Arbeiten sowohl wie die verkehrspolitischen Erfahrungen sind heute so weit vorgeschritten, daß der Luftverkehr vor der Einführung des Großflugzeuges in den regelmäßigen Dienst steht. In diesem Zeitpunkte dürfte es daher ganz besonders angezeigt sein, den Inhalt dieser grundlegenden Ausführungen wiederzugeben.

anderen Konstruktion berücksichtigt werden. Die auftretenden Geschwindigkeiten und die daraus resultierenden Zentrifugal-Kräfte beanspruchen den Menschen so stark, daß der moderne Flugzeug-Ingenieur neben seinem eigentlichen Fachgebiet Physiologie und Psychologie studieren muß.

Die Beachtung dieser vier Faktoren allein genügt aber noch nicht, um ein Verkehrsmittel — denn das ist das Friedensflugzeug —, das wirtschaftlichen und anderen Anforderungen Rechnung tragen muß, zu schaffen. Mit der Wirtschaftlichkeit steht und fällt die ganze Entwicklung dieser neuen Errungenschaft des Verkehrswesens. Gerade hier wird der deutsche Flugzeugbau durch Beschränkungen, die uns fremde Willkür auferlegt, gehemmt, sehr zum Schaden der Allgemeinheit.

Das Hauptelement des Bodenfahrzeugs ist das *Rad;* das Flugzeug begann seine Entwicklung mit dem *Flügel*, dessen Vorbild uns die Natur zeigte. Heute besteht ein Flugzeug schon aus gewissen Normalteilen: den Auftrieb erzeugenden *Flügeln* (Tragwerk), den zur Führung in der Luft dienenden *Steuerorganen* (Leitwerk), der *Maschinenanlage* (Triebwerk), dem *Fahr- und Landegestell* (Fahrwerk). Hierzu kommt in den meisten Fällen nach der Rumpf, der zur Unterbringung der Nutzlast und zugleich als Hebelarm für das Leitwerk dient.

Beim Bau eines Flugzeuges müssen wir uns vor allem über die *Leistungsbilanz* Rechenschaft geben. Hierzu müssen die Einflüsse der einzelnen Teile studiert werden.

Fig. 1 zeigt schematisch den sog. *Windkanal*, in dem die ersten grundlegenden Versuche über die Eigenschaften eines neuen Flugzeugmodelles angestellt werden. Ein Ventilator erzeugt einen künstlichen Luftstrom, dessen Geschwindigkeit genau gemessen werden kann. Das Flugzeugmodell wird so aufgehängt, daß der durch den Luftstrom erzeugte Auftrieb wie auf einer Wage ausgeglichen bzw. durch Gewichte gemessen werden kann, ebenso wird der Widerstand, der durch die Formgebung günstig oder schädlich beeinflußt wird, durch ein Gegengewicht gemessen. Der Unterschied in der Größe der Gegengewichte (s. Fig. 1) deutet an, daß der Auftrieb ein Vielfaches des Widerstandes beträgt. Oben rechts sehen wir eine sog. Polare, eine Kurve, welche für verschiedene Anstellwinkel (kleine Kreise) die entsprechenden Auftriebs- und Widerstandsbeiwerte verzeichnet. Es ist klar, daß eine solche Polare die Grundlage für die Beurteilung eines Flügelprofils bzw. eines ganzen Flugzeugmodelles und die daran anschließenden Berechnungen ist.

In Fig. 2 (Mitte) sehen wir eine Zusammenstellung aller am Flugzeug auftretenden Kräfte

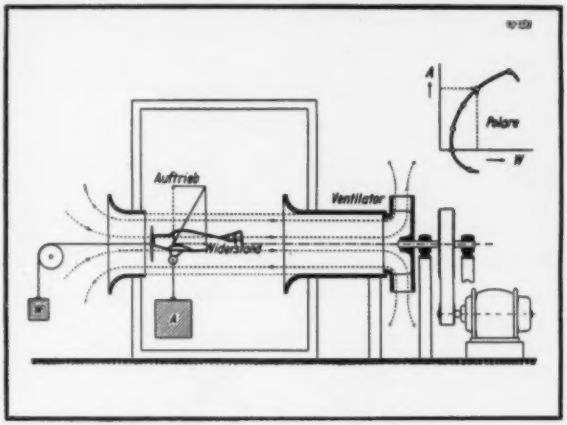

Fig. 1. Flugzeug-Modell im Windkanal.

in einem Koordinatensystem — Auftriebsbeiwert „ca" über dem Verhältnis Widerstand/Auftrieb = W/A — aufgetragen; man kann diese Darstellung als die *Leistungs-Bilanz* des Flugzeuges bezeichnen.

Der vorhin erwähnte schädliche Widerstand, um zunächst die negative Seite der Bilanz zu betrachten, setzt sich aus verschiedenen Teilen zu-

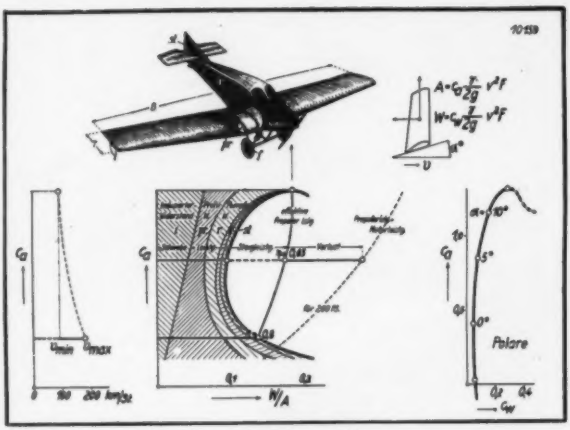

Fig. 2. Leistungs-Bilanz.

sammen, deren Größe zu verringern eine Hauptaufgabe des Flugzeugbaues ist.

Der *induzierte Widerstand* „i" ist durch den Flügelumriß bedingt und sinkt mit der Zunahme

des Verhältnisses der Spannweite zur mittleren Flügeltiefe, kurz ausgedrückt B : T (s. Fig. 2, oben). Die Natur zeigt uns den Einfluß dieses Verhältnisses B : T auf die verschiedenen Flugleistungen einzelner Vögel. Der schlecht fliegende Fasan hat ein Seitenverhältnis 5 : 1 und der Albatros, wohl der beste Flieger unter den Vögeln, hat ein B : T von 12 : 1. Von dem unvollkommenen Gleitflugzeug Lilienthals bis zum modernen Segelflugzeug ist die Entwicklung durch die stetige Vergrößerung des Verhältnisses B : T (heute bis zu 16 : 1) gekennzeichnet. Induzierter und Profilwiderstand sind notwendigerweise mit der Erzeugung von Auftrieb verbunden.

Der *Profilwiderstand „pr"* ist, wie aus dem Namen hervorgeht, eine Funktion der Gestaltung des Flügelquerschnittes. Mit der Erzeugung des Auftriebs ist notwendig eine Widerstands-Außerung verbunden. Das Verhältnis des Auftriebs zu diesem Widerstand möglichst groß zu gestalten, ist eine besonders wichtige Aufgabe des Flugzeugbaues.

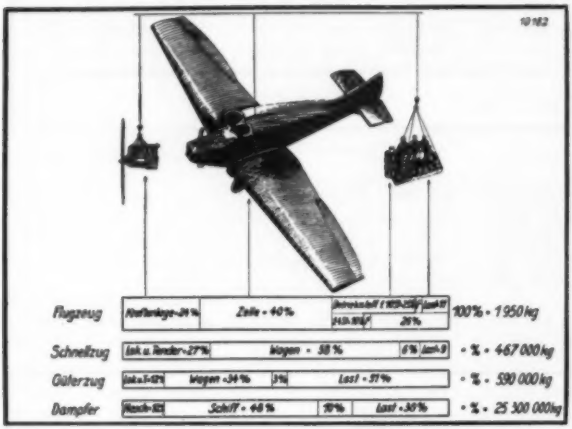

Fig. 3. Gewichts-Bilanz.

Der nächste in dem Bild gezeigte Widerstandsanteil wird vom *Rumpfe* hervorgerufen; er ist mit *r* bezeichnet. Wie man sieht, spielt auch er eine recht erhebliche Rolle. Daraus nicht zuletzt resultiert das Bestreben des modernen Flugzeugbaues, ein Flugzeug zu konstruieren, welches auf den Rumpf völlig Verzicht leistet, das „Naturflächenflugzeug".

„f" bezeichnet den Widerstandsanteil des *Fahrgestelles*, dessen Verminderung durch günstige Formengebung (man beachte die stromlinienförmige Verkleidung der Abfederung) und schließlich durch die Einrichtung eines einziehbaren Fahrgestelles erreicht wird.

„st" gibt den Widerstandsanteil der *Steuerflächen*, und die dicke schwarze Linie faßt demnach alle auftretenden Widerstände im Verhältnis zum Auftrieb zusammen.

Das Verhältnis Auftrieb: Gesamtwiderstand möglichst groß zu gestalten, ist die wichtigste Aufgabe des Flugzeugbaues.

Die dünne gestrichelte Linie zeigt die für die einzelnen Werte von *„ca"* notwendige Motorleistung — die positive Seite unserer Bilanz — ohne Berücksichtigung des Propeller-Wirkungsgrades. Es darf dabei nicht vergessen werden, daß schon der Motor von der zugeführten Brennstoff-Energie nur etwa 35% ausnützt. Von dieser Motorleistung ist aber ein weiterer Abstrich zu machen. Die Tatsache, daß der Luftpropeller ebenso wie der Wasserpropeller in einem Medium arbeitet, das nach allen Seiten ausweicht, bedingt einen weiteren Verlust, der sich im Propeller-Wirkungsgrad ausdrückt. Der günstigste Wirkungsgrad *„η"* des Propellers mag mit 0,8 genannt werden. Unser Beispiel ist für ein *„η"* von 0,65 eingezeichnet und die wagerechte Linie in der Mitte zerfällt demnach in folgende Abschnitte:

Die Strecke von der Ordinatenachse bis zu der gestrichelten Linie rechts bedeutet die verfügbare Motorleistung. Von dieser werden durch den Propeller in dem gezeigten Beispiel nur 65% ausgenutzt, 35% gehen im Propellerwirbel verloren. Daraus ergibt sich die effektive Propellerleistung. Diese wiederum zerfällt in Schwebe- und Steigleistung, d. h. die zum Horizontalflug erforderliche Leistung und den zum Steigen verfügbaren Überschuß.

Aus der linken Hälfte der Fig. 2 geht hervor, daß derselbe Auftrieb sowohl bei einer kleinen als auch bei einer großen Geschwindigkeit erzielt werden kann — je nach der Veränderung des Anstellwinkels. Es ist klar, daß die Spanne zwischen diesen beiden Geschwindigkeiten, der Landungs- und der Horizontal-Fluggeschwindigkeit, möglichst groß sein muß. Je geringer die Landungsgeschwindigkeit, desto geringer die Gefahr von Beschädigungen bei schlechten und zu kleinen Flugplätzen, worauf bei Verkehrsflugzeugen besonderer Wert gelegt werden muß.

Bei Fig. 2 (rechts) sehen wir die schon einmal gezeigte Polare, diesmal mit eingetragenen Anstellwinkeln *„ψ"*, deren Bedeutung aus der darüberstehenden Zeichnung ersehen werden kann. Der Verlauf der Kurve zeigt in diesem Bilde ebenso wie bei der Polare von Fig. 1 einen Abfall rechts vom höchsten Punkt, der, wie schon erwähnt, den größtmöglichen Auftrieb angibt. Wird der Winkel weiter vergrößert, so sinkt der Auftriebswert, d. h. das Flugzeug sackt durch. Je steiler die Kurve nach ihrem höchsten Punkt abfällt, desto schneller erfolgt das Durchsacken bzw. desto gefährlicher ist das Überziehen. Es muß also erstrebt werden, den Abfall der Kurve möglichst

sanft zu gestalten, was bei den von JUNKERS benutzten „dicken Profilen" der Fall ist.

Fig. 3 gibt einen Überblick über die einzelnen Größen, aus denen sich das Gesamtgewicht des Flugzeuges zusammensetzt. Unter den Bildern von Motor, Zelle, Betriebsstoff und Nutzlast sind die für das Flugzeug gültigen Gewichtsanteile in Prozenten des Gesamtgewichtes eingetragen, der Motor 24%, die Zelle, d. h. Rumpf, Tragflächen und Fahrgestell 40%. Beim Betriebsstoff spielt natürlich die vorgesehene Flugdauer eine Rolle. Bei einer Flugdauer von 10 Stunden macht das Betriebsstoffgewicht 25% aus, so daß für die Nutzlast nur 11% übrig bleiben, wovon noch ein weiterer Anteil für den Führer abgeht. Ist dagegen nur eine Flugdauer von 4 Stunden beabsichtigt, so ermäßigt sich der Betriebsstoffanteil auf 10% des Gesamtgewichtes und der Anteil der Nutzlast steigt auf 26%. Auf den ersten Augenblick mag dieser Nutzlastenanteil gering erscheinen; ein Vergleich mit den darunter angegebenen Beförderungsmitteln ergibt aber, daß sich das Flugzeug damit durchaus im Rahmen der anderen Verkehrsmittel bewegt. Für den Schnellzug beträgt sogar der Anteil der Nutzlast nur 9%.

Fig. 4 gibt einen Vergleich von *Steigleistungen* bei verschiedenen Gesamtgewichten. Als Vergleichsgrundlage dient der Eisenbahnzug, der bekanntlich nur sehr geringe Steigleistungen aufweist. 1 : 100 ist etwa das hier in Betracht kommende Verhältnis, d. h. auf einer Strecke von 200 m steigt der Zug um 2 m, oder — mit der Ge. schwindigkeit in Zusammenhang gebracht — in einer Sekunde 0,2 m. Dagegen ergibt sich, daß Verkehrsflugzeuge in einer Sekunde um 3 m steigen und Kampfflugzeuge, um 12 m zu steigen, nur eine Sekunde brauchen. Dementsprechend beträgt die Startlänge im ersten Falle 200, im zweiten 40 m. Der obere Teil des Bildes zeigt die Gipfelhöhe abhängig vom Gewicht. Bei 1960 kg Gesamtgewicht (auf der Abszisse abzulesen) ist die erreichbare Gipfelhöhe 4800 m. Ein Flugzeug gleicher Leistung mit dem Gesamtgewicht 1000 kg kommt dagegen mit der unten für das Kampfflugzeug angegebenen Steiggeschwindigkeit von 12 Metersek. auf 9000 m Höhe. Die gestrichelte Linie verbindet diese Gipfelhöhenpunkte für die entsprechenden Höchstgewichte, so daß also ein Flugzeug gleicher Leistung mit 3600 kg Gewicht theoretisch gerade noch fliegen müßte, d. h. in Bodenhöhe schweben; eine Steuerfähigkeit und damit Steigfähigkeit besäße es nicht mehr. Daß die Steigfähigkeit bei der Beurteilung des Flugzeugtyps eine besondere Rolle spielen muß, auch bei Verkehrsflugzeugen, ist durch die unten eingezeichneten Hindernisse angedeutet. Auch der Start verkürzt sich mit wachsender Steigfähigkeit,

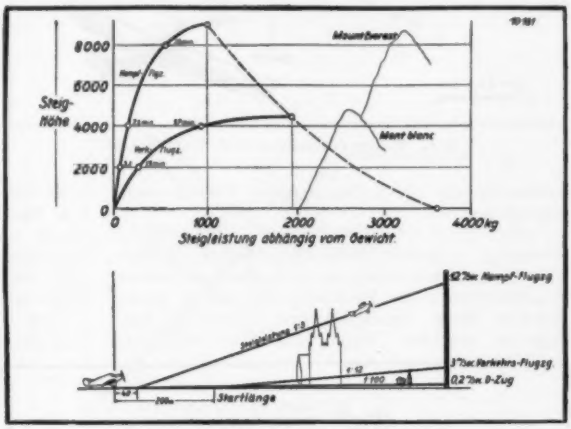

Fig. 4. Vergleich von Steigleistungen.

was eine Verwendungsmöglichkeit des Flugzeuges auch auf schlechten Flugplätzen bedeutet.

Auf den *Baustoff*, der im Zusammenhang mit dem Gewicht naturgemäß eine sehr große Rolle spielt, wurde schon oben mit ein paar Zeilen eingegangen. Im engen Zusammenhang mit dem Baustoff steht die Bauform. Es gilt die Bauform zu finden, die große Flächen bei geringstem Gewicht und höchster Festigkeit zu bauen erlaubt. Die Schwierigkeit liegt darin, daß einer sehr großen Mittelkraft verhältnismäßig kleine Seitenkräfte, auf die Flügel verteilt, gegenüberstehen. Von Anfang an wurde auf zwei verschiedenen Wegen, im Eindecker und im Mehrdecker, die Lösung des Problems gesucht. Der alte Eindeckertyp mit außenliegenden Verspannungen (man erinnere sich der alten Etrich-Rumpler-Taube) ist heute fast ganz verschwunden, und zwar nicht wegen des statischen Aufbaues, sondern wegen des großen Widerstandes der Verspannungen (vgl. das im Zusammenhang mit Fig. 1 Gesagte). Dieser schädliche Widerstand fällt beim Flugzeug viel mehr in die Wagschale als das höhere Gewicht des einfach abgestrebten oder ganz freitragenden Flügels, wie ihn moderne Eindecker, vor allem die Junkersschen Flugzeuge, aufweisen. Auch die Entwicklung des Doppeldeckers zeigt eine ähnliche Tendenz, da auch bei diesen alle außenliegenden Versteifungsorgane immer mehr in Fortfall kommen, wenn man es nicht vorzieht, auch hier zum freitragenden Flügel überzugehen.

In einzelnen auf die Anforderungen des *Leichtbaues*, die gerade beim Flugzeug eine erhebliche Rolle spielen, einzugehen, fehlt es hier an genügendem Raum, es möge nur ein Vergleich angedeutet werden zwischen dem Seitenruder eines Schiffes und dem gleich großen eines Flugzeuges. Jenes wiegt 160 kg, dieses 3 kg. Diese geringen Gewichte werden nur durch äußerste Materialausnutzung

erzielt, wie z. B. bei dem von JUNKERS eingeführten dünnen Wellblech. Dieses für die Junkersflugzeuge typische gewellte Blech ist aus der Überlegung entstanden, daß für die Größe des Widerstands-

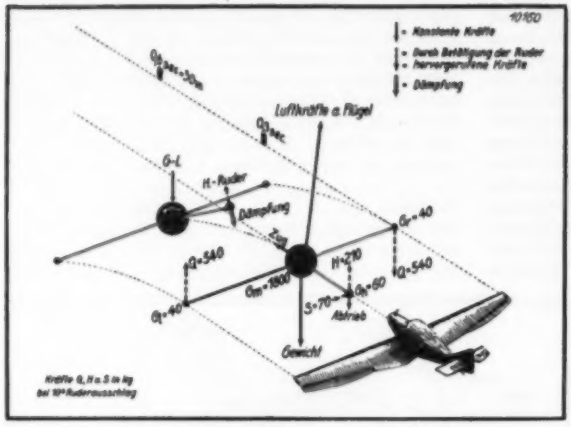

Fig. 5. Massen-Verteilung und Ruderkräfte.

momentes nur die außenliegenden Fasern maßgebend sind.

Daß dieser Leichtbau dem Konstrukteur schwierige Aufgaben stellt, ist erklärlich. Zudem sind die meisten statisch un- bzw. überbestimmten Konstruktionen der Rechnung nur bis zu einem gewissen Maße zugänglich und es müssen deshalb in erhöhtem Maße praktische Versuche,

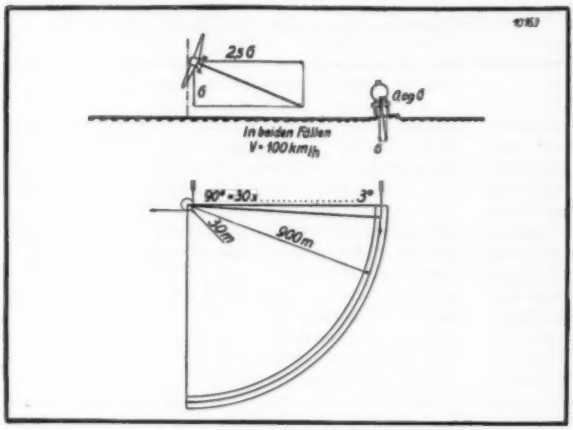

Fig. 6. Drehkreise bei Flugzeug und Eisenbahn.

insbesondere Bruchprüfungen, zur Kontrolle herangezogen worden. Um den verschiedenen vorkommenden Belastungsfällen Rechnung zu tragen, werden die Tragflächen auf Biegung (Beanspruchung beim Abfangen) und Verdrehung (Beanspruchung beim Sturzflug) geprüft.

Durch die großen Ausmaße der Zelle erwachsen der Fabrikation Aufgaben, die ganz neue besondere Maßnahmen notwendig machen. Man denke an die Austauschbarkeit aller Einzelteile als Forderung des Serien-Baues und dagegen die bei den großen Tragflächen-Konstruktionen erheblichen Entfernungen der Paßstellen voneinander. Die Flügelbreite eines Junkersschen Verkehrsflugzeuges, Type F 13, beträgt z. B. etwa 8 m, und die Anschlußstellen des Flügels am Mittelgerüst müssen auf 0,2 Millimeter genau passen. Das erfordert ganz neue Lösungen für Aufbaugerüste. Sie müssen leicht auf große Entfernungen zu bauen sein und bequem Änderungen zulassen.

Für die Anwendung des *Leichtbaues* auf die *Maschinenanlage* möge ein Beispiel genügen: Eine Lokomotive von 250 PS wiegt etwa 15 000 kg. Ein Flugmotor gleicher Leistung, der unter seinesgleichen sogar noch als „schwer" anzusprechen ist, nur 330 kg. Daß jeder Teil dieses leichten Flugmotors außerordentlich hoch beansprucht sein muß, liegt auf der Hand, um so mehr als dieser fast dauernd mit Höchstleistung zu laufen hat. Andererseits ist seine Betriebssicherheit in des Wortes wahrstem Sinne eine Lebensfrage für den Flugbetrieb.

Fig. 5 zeigt schematisch die *Massenverteilung* und die bei einem Ruderausschlag auftretenden Kräfte. Das Flugzeug ist gegenüber anderen Fahrzeugen in allen 3 Dimensionen beweglich. Die Frage der Führung in der Luft, seine Stabilisierung nach allen Richtungen des Raumes ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Sicherheit. Als Beispiel ist ein normales Verkehrsflugzeug gewählt. In der Mitte ist ein Gewicht von 1800 kg konzentriert; außerdem denke man sich Teilgewichte von 40 kg an den Flügelenden und 60 kg am Rumpfende konzentriert. Wenn die Bewegungsrichtung dieses mit 44 Metersek. Geschwindigkeit durch die Luft eilenden Massensystems durch einen Ruderausschlag geändert wird, so können sich außerordentlich hohe Beschleunigungen von mehr als dem zehnfachen Betrage der Erdbeschleunigung ergeben. Ein Ausschlag des Querruders um 10° ruft die beiden Kräfte $Q = 540$ kg hervor, ein Ausschlag des Höhenruders eine Kraft $H = 210$ kg usw.

Die dreidimensionale Bewegungsfreiheit des Flugzeuges in der Luft ringt die Möglichkeit *großer Beweglichkeit* und Wendigkeit mit sich. In der-

selben Zeit, in der ein mit 100 km/St. fahrender D-Zug seine Bewegungsrichtung um 3° ändert, kann ein gleich schnelles Flugzeug bereits einen Viertelkreis, also eine Wendung um 90° beschrieben haben. Fig. 6 stellt die beiden nebeneinander. Aus der Zeichnung geht hervor, daß das Flugzeug bedeutend steiler in die Kurve gelegt werden kann und infolgedessen viel größere Zentripetalkräfte betätigt werden können als beim D-Zug. Wenn das Flugzeug eine Kurve mit dem Radius 30 m fliegt, so beträgt die Zentripetalkraft 2,5 mal Gewicht. Beim D-Zug läßt sich nur eine Zentripetalkraft von 0,09 mal Gewicht erreichen, so daß der Radius dieser Kurve 900 m beträgt. Hieraus resultiert die bedeutend längere Zeit, die zur Durchführung einer Viertelkreis-Drehung notwendig ist.

Das Beispiel in Fig. 7 ist für ein Flugzeug mit 100 Kilometerstd. Geschwindigkeit durchgerechnet. Steigern wir die Flugzeuggeschwindigkeit, so kommen wir an Grenzen, wie wir sie sonst in der Technik selten antreffen. Grenzen, die nicht im Mechanischen, sondern im Organischen begründet sind. Bei einem mit hoher Geschwindigkeit wendenden Flugzeug steigt z. B. auf den Flügeln der Luftdruck auf das 3,7fache. In den Blutgefäßen des Insassen aber tritt ein anomales Druckgefälle, d. h. Blutleere im Gehirn ein. Daraus ergeben sich Störungen der Gehirnfunktionen in Gestalt von Gedächtnisschwäche, mangelnder Reaktionsfähigkeit bis zum Schwinden des Bewußtseins usw., die ernsteste Beachtung erfordern. Es ist das der vierte der in der Einleitung angegebenen Faktoren, auf die beim Flugzeugbau Rücksicht genommen werden muß. Auch andere psychische und physische Erscheinungen müssen berücksichtigt werden, z. B. die Wirkungen von Kälte, dünner Luft, rascher Änderung der Luftdichte, Winddruck u. dgl.

So entsteht ein Flugzeug als Kompromiß aus den oben angegebenen verschiedenen Faktoren. Der Weg der zukünftigen Entwicklung liegt klar vor Augen. Er läßt sich zur Hauptsache in die zwei Worte: *Verringerung des Widerstandes* und *Vergrößerung des Auftriebes* zusammenfassen. Dazu gehört auch die Verstärkung der Motoren, die Herabsetzung ihres Gewichtes und ihres Brennstoffverbrauches. Betriebssicherheit und Lebensdauer der Motoren müssen noch weiter gesteigert werden. Der Schweröl-Motor als Kraftanlage wird den Flugzeugbau ein weiteres Stück vorwärts bringen, und darüber hinaus wird der Motor, der eine von der Flughöhe unabhängige Leistung besitzt, das schnelle Fliegen in großer Höhe ermöglichen. Heute erscheinen uns Geschwindigkeiten von über 400 Kilometerstd. als Rekordleistungen. In nicht zu langer Zeit werden noch bedeutend größere Geschwindigkeiten in großer Höhe durch gleichbleibende Motorleistung bei verringerter Luftdichte und entsprechend geringerem Widerstand möglich sein. Der Anteil der Nutzlast wird vermehrt werden. Wir glauben, daß dem Flugzeugtyp, den Professor JUNKERS schon im Jahre 1910 vor Augen sah, die Zukunft gehören wird. Das „Riesenflugzeug" der Zukunft wird der „fliegende Flügel"

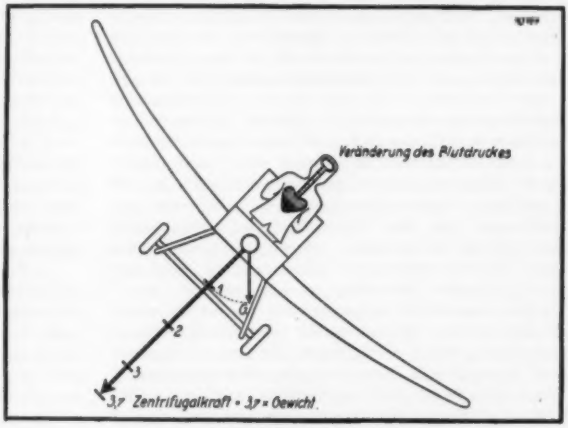

Fig. 7. Einfluß der Kurvenflüge.

sein, der jeglichen schädlichen Widerstand vermeidet und das Maximum an Auftrieb erzielt; er wird alle Lasten, Maschinenanlage, Besatzung, Nutzlast und Brennstoffvorrat in sich aufnehmen.

Zwanzig Jahre sind vergangen, seitdem zum erstenmal ein Mensch durch Motorkraft sich in die Luft erhob. Großes ist erreicht worden, größeres bleibt noch zu schaffen. Möge es Deutschland vergönnt sein, auch weiterhin an seiner Stelle das Seine zu tun.

J. S. C. Schweigger und sein Briefwechsel mit Goethe.

Von JULIUS SCHIFF, Breslau.

Als Berater GOETHES bei seinen optischen Studien kommt von den bedeutenden zeitgenössischen Physikern außer SEEBECK nur noch ein einziger in Betracht, nämlich Johann Salomo Christoph SCHWEIGGER[1]). Er entstammte einer alten Theologenfamilie, war 1779 geboren und hatte sich erst, nachdem er das Studium der Altertumswissenschaft erfolgreich vollendet hatte, den Naturwissenschaften zugewandt. Er war nacheinander Lehrer der Mathematik und Physik am Gymnasium in Bayreuth und der höheren Realschule in Nürnberg, Akademiker in München, Professor der Physik

[1]) Vgl. den an die „Farbenlehre, didakt. Teil" angeschlossenen Aufsatz „Entoptische Farben".

und Chemie an der Universität Erlangen und schließlich 38 Jahre lang Professor der Physik und Chemie in Halle, wo er 1857 starb. Seine wissenschaftliche Tätigkeit galt mehr der Physik als der Chemie. Dauernder Wert kommt seinen Untersuchungen über den Elektromagnetismus zu; sie führten ihn 1820 zur Erfindung des Multiplikators, durch den die Wirkung schwacher Ströme auf die Magnetnadel verstärkt werden kann. Schon vorher hatte er sich durch die Begründung und Leitung des „Journals (späteren Jahrbuches) für Chemie und Physik" ein bedeutendes Verdienst um die Wissenschaft erworben. Zum Verständnis seiner Beziehungen zu GOETHE ist noch zu bemerken, daß er im Sinne der Schellingschen Philosophie sich gern mit kosmischen Fragen beschäftigte und daß er sich durch eine Universalität des Wissens auszeichnete, wie sie seit jener Zeit nicht mehr zu finden ist. Seine Beherrschung der Naturwissenschaften und gleichzeitig der Philologie tritt in überraschender Weise in seinen Studien über die antiken Mythen und Geheimkulte hervor. In diesen glaubte er nicht nur Personifikationen von Naturkräften, sondern auch Reste uralter astronomisch-physikalischer Weisheit zu finden. Insbesondere suchte er in zahlreichen Schriften nachzuweisen, daß die Samothrakischen Mysterien auf Forschungen, die den Eingeweihten in „hieroglyphischen Bildern" überliefert wurden, beruhen. Die hier verehrten Dioskuren mit dem Stern auf dem Hut seien Symbole für die beiden — wie er meint, schon damals unterschiedenen — Elektrizitäten, und aus ihren bildlichen Darstellungen seien geradezu allerlei Anregungen für Untersuchungen und für Konstruktion von Apparaten zu entnehmen. Auch in den religiösen Vorstellungen der Inder, Chinesen und Japaner sah er verborgene „Naturweisheit". Wenn sich in solcher unsere Missionare als überlegen ausweisen, also zusammen mit der christlichen Lehre auch höhere naturwissenschaftliche Kenntnisse bringen könnten, so würden sie, wie er immer wieder betont, sehr viel größere Erfolge erzielen. Aus derartigen, ihm sehr am Herzen liegenden Erwägungen heraus, gleichzeitig um das Andenken eines auf einer botanischen Forschungsreise ermordeten Bruders zu ehren, stiftete er 1821 einen „Verein zur Verbreitung von Naturkenntnis und höherer Weisheit", der wissenschaftliche Männer zur Missionsarbeit, verbunden mit unterrichtlicher und Forschertätigkeit, aussenden sollte. Die praktischen Erfolge dieses Vereins entsprachen allerdings nicht seinen unermüdlichen Bemühungen.

SCHWEIGGER richtete im Jahre 1811 zum ersten Male einen Brief an GOETHE, den er als Dichter und als Naturforscher gleich verehrte und den er schon im vorhergehenden Jahre in Karlsbad aufgesucht hatte, um sich ihm vorzustellen und ihm seinen Plan vorzutragen, eine chemisch-physikalische Zeitschrift zu begründen[1]). Im ganzen besitzen wir siebzehn zwischen beiden gewechselte Briefe, sechs von GOETHE und elf von SCHWEIGGER. Die GOETHEschen sind in der großen Weimarer Ausgabe, IV. Abteilung, zu finden. Diejenigen SCHWEIGGERS sind bis auf zwei, deren Kenntnis wir BRATRANEK[1]) verdanken und die weiterhin als Nr. 14 und 17 bezeichnet sind, noch ungedruckt; sie liegen im GOETHE- und SCHILLER-Archiv zu Weimar und sind mir von der Direktion des Archivs, der auch an dieser Stelle der gebührende Dank ausgesprochen sei, abschriftlich mitgeteilt worden. Im folgenden soll der Inhalt der sämtlichen siebzehn, nach der Zeitfolge geordneten Briefe kurz mitgeteilt werden[2]).

1. Schw., Bayreuth, 6. Februar 1811. Übersendet das erste Heft seines „Journals" und kündigt die Zusendung aller folgenden Hefte durch den Verlag an. „Teuer sollte es mir sein, wenn auf diesem Wege auch nur ein kleiner Teil des hohen geistigen Genusses vergütet werden könnte, den mir die Schriften Ew. Exz. und den mir in der letzten Zeit namentlich die Farbenlehre gewährte." Erinnert an das vorjährige Zusammentreffen in Karlsbad und hofft, demnächst über eigene Untersuchungen zur Farbenlehre berichten zu können.

2. Schw., Nürnberg, 21. März 1814. Fragt an, ob GOETHE die Zeitschrift trotz der durch die politischen Verhältnisse verursachten Schwierigkeiten immer richtig erhalten habe, und gibt seiner Freude über den „Umschwung der öffentlichen Angelegenheiten" Ausdruck.

3. G., Weimar, 25. April 1814. Dankt mit sehr anerkennenden Worten für die fortgesetzte Zuschickung der Zeitschrift. Das neueste Heft mit dem SCHWEIGGERschen Aufsatz [Über das Umdrehungsgesetz der magnetischen Erdpole, Schweiggers Journal X] sei ihm wegen der Richtung auf das Universum erfreulich gewesen. „Sehr löblich deucht es mir dabei, daß dasjenige, was wir Schwer- und Schwungkraft nennen, ... zur Erklärung der Phänomene benutzt werde. Seit unser vortrefflicher KANT mit dürren Worten sagt, es lasse sich keine Materie ohne Anziehen und Abstoßen denken (das heißt doch wohl nicht ohne Polarität), bin ich sehr beruhigt, unter dieser Autorität meine Weltanschauung fortsetzen zu können."

4. Schw., Nürnberg, 19. Januar 1815. Überreicht ein Heft mit zwei vorzüglich interessanten Abhandlungen von SEEBECK und WOLLASTON. Er freue sich besonders, daß WOLLASTON die Verdienste RICHTERS [J. B. RICHTER, der erste Er-

[1]) GOETHE notierte am 25. Juli 1810 in sein Tagebuch „Professor ... von Bayreuth. Er wird das physische Journal herausgeben." Als Name ist bei der Herausgabe fälschlich „SCHUMANN" statt SCHWEIGGER ergänzt worden (W. A. III, 4. Bd., S. 142).

[1]) F. TH. BRATRANEK, GOETHES Naturwissenschaftliche Korrespondenz. Leipzig 1874.

[2]) Die GOETHEbriefe sind mit G., die SCHWEIGGERschen mit Schw. bezeichnet. Mit Rücksicht auf den Raum konnten nur wenige, besonders charakteristische Stellen wörtlich angeführt werden. Sicherlich ist der Briefwechsel nicht vollständig erhalten, so fehlt wohl eine Antwort auf die Briefe 9 und 10. Zum Verständnis notwendige Zusätze sind in eckige Klammern eingeschlossen.

forscher der chemischen Proportionen], so warm anerkannt habe. Er dankt GOETHE, daß er ihn ermuntere, „eine Aufgabe (das Gesetz des Planetenabstandes zu finden), welche KEPLER für so wichtig hielt, nach Jahrhunderten einmal wieder zur Sprache zu bringen." Er hoffe, in Zukunft mehr Muße für wissenschaftliche Arbeit zu haben und demnächst auch eine Reise nach England machen zu können.

5. Schw., Weimar, 29. Oktober 1816. Ist auf der Durchreise in Weimar und bittet, empfangen zu werden. [Er wurde tatsächlich von GOETHE nach dem Tagebuch an diesem Tage empfangen und berichtete „über Englands Studien, Sitten und Wissenschaften." GOETHE schrieb eine Woche später an KNEBEL: „SCHWEIGGER hat viel Gutes und Bedeutendes aus dem unendlich rührigen England mitgebracht."]

6. G., Weimar, 2. Oktober 1818. Empfiehlt an SCHWEIGGER einen jungen Mann, namens OSANN [später Professor der Chemie in Dorpat und Würzburg], der in Erlangen seine Studien fortsetzen wolle. Gedenkt der „angenehmen und lehrreichen Stunden" ihres Zusammenseins in Karlsbad im verflossenen Sommer und dankt nochmals für das mitgeteilte optische Instrument [Polarisationsapparat, von SCHWEIGGER als Geburtstagsgeschenk überreicht]. Bittet, SCHWEIGGER möge ihm durch seine Beziehungen in Bayreuth eine Platte von dortigem Marmor verschaffen, die auf schwarzem Grund „weiße kalkspätige Ammoniten" in der seltenen verschobenen Form enthalten soll.

7. Schw., Erlangen, 9. März 1819. Übersendet Ammoniten der gewünschten Art, berichtet über die guten Fortschritte OSANNS. „Da ich mir schon seit Jahren eine Menge von Gegenständen angemerkt habe, welche ich näher untersucht wünschte, so ist es mir äußerst angenehm, junge Männer zu finden, welche in meinem Laboratorio dergleichen Untersuchungen anstellen mögen." Die eigenen optischen Untersuchungen habe er fortgesetzt und nachgewiesen, daß „jedes Glas bei longitudinalem Durchblick doppelte Strahlenbrechung zeige, und zwar am besten bei einem spitzigeren Winkel, als MALUS angegeben hat". Er selbst beschäftige sich gegenwärtig im Gegensatz zur Laboratoriumsarbeit seiner jungen Gehilfen, da „ein gereifteres Alter mehr zur Spekulation und zu geschichtlichen Studien hinzieht", hauptsächlich mit der Urgeschichte der Physik. „In der Tat habe ich in diesem bis jetzt noch ganz unbearbeiteten Feld eine viel reichere Ausbeute gefunden, als ich mir anfänglich vorstellte. Die Benutzung alter Mythen erfordert indes große Vorsicht. Ich erlaube mir nicht, davon Gebrauch zu machen, wenn nicht in späterer, namentlich Pythagoreischer Zeit das Philosophem, worauf sich ein Mythos zu beziehen scheint, wirklich klar ausgesprochen wurde. Mancher Mythos tritt durch diese Beziehung auf ein altes Naturphilosophem in ein, wie es mir vorkommt, nicht uninteressantes Licht."

8. G. [Weimar], 12. April 1819. Dankt für die Sendung der Ammoniten. „Ihre geneigte Gabe zum 28. August (Polarisationsapparat) erkenne ich zwar immer höchlich dankbar; in welchem Grad und Maß dies aber sei, werden Sie erst überzeugt werden, wenn ich die Lehre von den entoptischen Farben nach meiner Weise vortrage." [In dem im folgenden Jahr veröffentlichten Aufsatz „Entoptische Farben" hat GOETHE SCHWEIGGERS dankbar gedacht und den Apparat beschrieben.]

9. G. [Weimar], 1. August 1819. Er sei im Begriff, den „Aufsatz über entoptische Erscheinungen zu redigieren", und bitte hierzu um den Namen des Künstlers, der den ihm geschenkten Apparat verfertigt habe [Glasschleifer NIGGL in München]. Er wünscht sich für Karlsbad wieder „eine so angenehme und lehrreiche Gesellschaft" wie im Vorjahre.

10. G., Weimar, 2. August 1819. Fügt zu dem vorigen Brief die Anfrage hinzu, an welcher Stelle des Journals das „entoptische Phänomen mit dem Würfel und der Glasscheibe, wo man durch Auf- und Untersehen die Erscheinung umkehren konnte", das er ihm früher vorgeführt habe, deutlich beschrieben sei.

11. Schw., Halle, 8. Januar 1822. Berichtet GOETHE eingehend über den von ihm gestifteten Verein, der „zur Beförderung intellektueller und moralischer Bildung" bestimmt sei. „Ein Wort von Ew. Exzellenz, gelegentlich zur Empfehlung dieses Vereins gesprochen, oder ein freundlich mitgeteilter Ratschlag kann mehr nützen als Summen, welche andere einsenden."

12. G., Weimar, 23. Juni 1823. Dankt für die ununterbrochene Sendung des Jahrbuchs. „Empfangen Sie ... die Versicherung meines treuen Anteils und einen Beitrag zu Ihrem löblichen Unternehmen, wogegen ich mir ein näheres Verhältnis zu dem ehrwürdigen Verein erbitte. Empfehlen Sie mich allen Verbundenen und gedenken mein als eines, der, wo er sich auch aufhalte, niemals der Wissenschaft und seiner Freunde vergessen werde." [GOETHES Beitrag betrug nach dem Tagebuch 3 Friedrichsdor; auch sonst förderte GOETHE den Verein, wie SCHWEIGGER in OKENS Isis, 1. Bd. 1826, berichtet.]

13. Schw., Halle, 1. Oktober 1823. Dankt GOETHE für die dem Verein bewiesene Teilnahme und erzählt von der vor kurzem in Halle abgehaltenen Naturforscherversammlung. Sie sei durch die „Darlegung der wichtigen Entdeckung DÖBEREINERS, die uns zur Kenntnis einer ganz neuen Naturkraft zu führen scheint, ... auf eine sehr glänzende Weise" eröffnet worden [Entzündung von Wasserstoff durch Platinstaub, das hierauf beruhende Feuerzeug]. Er spricht auch über die aus dem Altertum überlieferten Dioskuren- und Kabirenbilder. „Es würde einen eigentümlichen Genuß gewähren, wenn es gelänge, irgendeine neue physikalische Wahrheit herauszulesen aus diesen alten Hieroglyphen."

14. Schw., Halle, 30. August 1824. Berichtet über den Verein und über seine Untersuchungen

zur Urgeschichte der Physik. Er macht GOETHE auf eine antike Darstellung aufmerksam, wo „die Dioskuren mit Wassernymphen verbunden sind, in der Art, daß zwei gegen die Dioskuren sich hinwenden, die dritte in der Mitte indifferent den Rücken kehrt. Ich wüßte nicht, wie man besser die Wasserzersetzung durch Elektrizität bildlich bezeichnen sollte". [Eingehend spricht SCHWEIGGER seine Ansichten über die antiken Geheimlehren an verschiedenen Stellen seines Jahrbuchs und zusammenfassend in der 1836 veröffentlichten „Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft" aus.]

15. Schw., Halle, 12. September 1825. Berichtet wieder über den Verein, der auch mit kaufmännischen Unternehmungen in Verbindung treten müsse. Er hofft, daß in China, Japan und Indien „es Mathematikern und Naturforschern als Verkündigern von Wissenschaften, welche heilig sind in jenen Ländern", gelingen werde, Beziehungen aller Art anzuknüpfen und die Missionszwecke zu fördern.

16. Schw., Weimar, 5. Okt. 1825. Bittet, bei einem kurzen Aufenthalt in Weimar seine Aufwartung machen zu dürfen [wurde nach GOETHES Tagebuch noch an diesem Tage empfangen].

17. Schw., Halle, 22. Mai 1827. Empfiehlt GOETHE einen seiner eifrigsten Schüler — Dr. FISCHER[1]) —, der von ihm zu Studien über die Urgeschichte der Physik angeregt wurde, aber auch ein guter Experimentator ist und in seinem „chemischen Laboratorio gearbeitet und mehrere Reihen von Untersuchungen, z. B. über das Chrom", durchgeführt hat. Seine Liebe zum Zeichnen und Malen führte ihn auch „zum eifrigen Studium der Farbenlehre, wobei ihm natürlich die Newtonschen Ansichten . . . so wenig genügen konnten als wohl je einem, der mit Malerei sich beschäftigte". Er spricht dann über optische Untersuchungen einiger englischen Physiker. „Die Betrachtung schloß sich an FRAUNHOFERS prismatische Versuche an, über dessen sonderbare Ansichten, die er nachher selbst verließ, Herr Dr. FISCHER einiges wird mitzuteilen wissen." [Die theoretische Bedeutung der FRAUNHOFERschen Linien war damals noch nicht erkannt. GOETHE sagt in einer undatierten Niederschrift — W. A. II. Bd. 5 II, Paralip. CXIV —, er habe dieselbe Ansicht über FRAUNHOFERsche Linien wie SCHWEIGGER, sie seien vervielfachte Bilder des doppelten Randes der engen Spalte.] —

Mehrfach fand der Verkehr zwischen GOETHE und SCHWEIGGER nicht unmittelbar statt, sondern wurde durch SEEBECK oder durch DÖBEREINER, die ja beide zu GOETHES besonderen wissenschaftlichen Freunden gehörten und beide auch SCHWEIGGER sehr nahe standen, vermittelt. Vor allem sind in dieser Hinsicht zwei Briefe DÖBEREINERS wichtig[2]).

1. Dieser übermittelt GOETHE am 5. März 1813 folgende Mitteilung SCHWEIGGERS: „Eine soeben gestern von SEEBECK gemachte Entdeckung [Farbenerscheinungen im Polarisationsapparat an rasch gekühlten Gläsern] wird Herrn Geheimrat von GOETHE sehr freuen. Von NEWTONS Farbentheorie kann nun nicht mehr die Sprache sein."

2. Ferner meldet DÖBEREINER am 27. Dezember 1823, Dr. KÄMTZ [Schüler SCHWEIGGERS, später Professor der Physik in Halle und Dorpat] habe sich in Halle als Privatdozent niedergelassen, und SCHWEIGGER habe ihm über diesen folgendes geschrieben: KÄMTZ „liest nun über Optik, und zwar ganz mathematisch und doch mit Beziehung auf GOETHES Ansichten. Er geht nämlich von den neuen Untersuchungen FRESNELS aus über die Diffraktion des Lichtes, von den sog. Prinzipien der Interferenz, was zu deutsch übersetzt in der Tat nicht viel anderes bedeutet als Prinzipien des Schattenden. Da hast du also das Prinzip der GOETHEschen Farbentheorie". —

Die zwischen GOETHE und SCHWEIGGER ausgetauschten Schreiben zeigen den verdienten Physiker als eifrigen Mitarbeiter und treuen Bekenner der Farbenlehre. Es war dies bisher wenig bekannt und ist noch in den letzten Jahren bestritten worden[1]), geht aber auch aus den Veröffentlichungen SCHWEIGGERS klar hervor[2]). Aufs schönste zeigt sich ferner in diesem brieflichen Verkehr die hochstrebende, edle Persönlichkeit des gelehrten Mannes, der ein gründlicher, erfolgreicher Spezialforscher war, aber gleichzeitig immer den freien Blick auf das höchste Ziel aller Wissenschaft, die Beförderung der Gesamtkultur, gerichtet hielt. GOETHE hinwiederum erweist sich dem jüngeren Freunde gegenüber — wie wir ihn auch sonst kennen — als der überlegene Weise, der für alles, was redliches Streben ist, Verständnis und Wohlwollen besitzt. Aus der milden Form seiner Erwiderungen darf jedoch nicht geschlossen werden, daß er den oft über das Ziel hinausschießenden Enthusiasmus SCHWEIGGERS immer geteilt habe. Insbesondere für dessen phantastische Art der Mythenerklärung gilt dies keineswegs. Hierüber hat er sich vielmehr mehrfach ablehnend ausgesprochen. So heißt es, um einen besonders kennzeichnenden Ausspruch anzuführen, in einem für KNEBEL bestimmten, allerdings in dieser Form nicht abgeschickten Briefentwurf: „Auf SCHWEIGGERS Brief ist schwer zu antworten . . . Da aber des wackeren Mannes Unternehmen ganz gegen meine Denkweise ist, da ich Poesie und also

[1]) Später Gymnasiallehrer, schrieb über antike Blitzabbildungen (Programm des Gymnasiums zu Nordhausen 1833).

[2]) JULIUS SCHIFF, Briefwechsel zwischen GOETHE und JOHANN WOLFGANG DÖBEREINER. 1914, S. 13 und 79 f.

[1]) Vgl. den Aufsatz „GOETHE und RITTER von Graf CARL v. KLINCKOWSTROEM, Jahrbuch der GOETHE-Gesellschaft 1921", wo es heißt, SCHWEIGGER habe die Farbenlehre, wenn auch wohlwollend, abgelehnt.

[2]) Auch nach dem endgültigen Siege der Undulationstheorie sprach SCHWEIGGER es aus, daß die GOETHEsche Farbentheorie mit ihr vereinbar sei (im Jahrbuch der Chemie und Physik XVI, 1826, S. 259).

Mythologie ... und alles, was ins Mystische und Unbestimmte führt, von meiner Naturforschung höchst streng absondere ..., so konnte ich mit mir nicht einig werden, was zu erwidern, und ließ es zuletzt, wie es zu geschehen pflegt[1])." Ebenso wie die Mitarbeit SCHWEIGGERS hat GOETEE die von ihm geleitete Zeitschrift hoch geschätzt; auch SEEBECK und DÖBEREINER gegenüber hat er dies oft ausgesprochen. Im übrigen mag der Briefwechsel für sich selber sprechen. Jedenfalls legt er im Sinne GOETHES ein schönes Zeugnis davon ab, wie eng die Naturwissenschaften, die die bekannte Denkschrift des Preußischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung von den „kulturkundlichen Fächern" ausschließt, mit der Gesamtkultur der Menschheit verbunden sind.

[1]) W. A. IV, Bd. 37, S. 341.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Zur Gittertheorie des Rutils.

Während die elektrostatische Gittertheorie bisher nur zur Berechnung der Eigenschaften regulärer, parameterfreier Gitter angewandt worden ist, haben W. L. BRAGG und S. CHAPMAN (Proc. of the Roy. Soc. of London, Ser. A. **106**, 369. 1924) zum ersten Male den Versuch gemacht, einen nicht durch Symmetrieeigenschaften bestimmten Parameter, nämlich den „Rhomboederwinkel" des Kalkspats, aus den Coulombschen Kräften der Ionenladungen zu berechnen. Hierbei nehmen sie die Gruppe CO_3 als starr an und betrachten auch die Abstände der Ca- von den CO_3-Ionen als (praktisch) unveränderlich; dies bedeutet, daß die mit einer höheren Potenz der Entfernung veränderlichen Abstoßungskräfte nur zwischen Nachbarionen merklich in Betracht kommen. Bei geeigneter Wahl der Größe der CO_3-Gruppe, die noch mit den Röntgenmessungen einigermaßen verträglich ist, kommen sie zu einem recht guten Ergebnis.

Von dieser Willkür kann man frei werden, wenn man Koordinationsgitter betrachtet, die wesentlich nur von einem Parameter, etwa einem Kantenverhältnis der Zelle, abhängen. Wir haben den Rutil TiO_2 von diesem Gesichtspunkt aus untersucht. In diesem tetragonalen Gitter kommen zwei, an sich nicht gleichberechtigte Abstände zwischen einem Ti- und einem O-Atom vor, die auch bei älteren Röntgenuntersuchungen als merklich verschieden gemessen wurden; nach einer neueren Untersuchung von G. GREENWOOD (Philosoph. Mag. **48**, 654. 1924) sind sie aber gleich, es handelt sich also um ein echtes Koordinationsgitter. Macht man dieselbe Annahme über die Abstoßungskräfte wie BRAGG und CHAPMAN, so kann man den Abstand Ti-O als unveränderlich ansehen und behält als einzigen Parameter etwa das Verhältnis φ dieses Abstandes zur Diagonale der quadratischen Grundfläche der Zelle (s. P. P. EWALD, Kristalle und Röntgenstrahlen S. 100, 164 u. 302).

Man kann diese Größe φ zwischen zwei Grenzen einschließen, indem man die Struktur ansieht als bestimmt durch das Gegeneinanderwirken der Koordinationskräfte beider Ionenarten; jedes Ti-Atom ist von 6 O-Atomen umgeben, die sich in Oktaedersymmetrie anzuordnen suchen, jedes O-Atom von 3 Ti-Atomen, die ein gleichseitiges Dreieck zu bilden streben. Beides zugleich ist mit der Gitterstruktur unvereinbar. Läßt man die eine oder die andere Koordinationssymmetrie das Gitter allein bestimmen, so erhält man die in der Tabelle mit φ_{Fl} und φ_0 bezeichneten Grenzen. Wir haben die Kosselsche Vorstellung, daß die Koordinationskräfte der Ionen ebenso wie die Kohäsionskräfte des Gitters elektrostatischer Natur sind, dadurch zu erweisen gesucht, daß wir den Parameter durch die Forderung bestimmten, daß die elektrostatische Energie zum Minimum würde. In der Tabelle ist der so berechnete Wert mit den oben angegebenen Grenzen und den empirischen Befunden für die Krystalle vom Rutiltyp verglichen.

Tabelle.

	φ	
Obere Grenze . . . . . φ_0	0,333	—
Berechnet	0,313	—
Kassiterit SnO_2 (VEGARD) . .	0,311	2,08 Å
MgF_2 (BUCKLEY, VERNON) . .	0,309	2,07 Å
Rutil (VEGARD)	0,307	1,99 Å
Rutil (GREENWORD)	0,300	1,95 Å
Untere Grenze . . . . . φ_{Fl}	0,293	—

Für die empirischen Werte ist das Mittel eingesetzt einmal aus dem direkt gemessenen Parameterwert, sodann aus dem Wert, den man mit Hilfe unserer Koordinationsannahme (alle Abstände Ti-O gleich) aus dem Achsenverhältnis berechnen kann. In einer letzten Spalte sind die Abstände zweier benachbarter Ionen angegeben. Die Übereinstimmung ist um so besser, je größer dieser Abstand, wie auch theoretisch verständlich.

Ähnliche Rechnungen werden auch für die andere tetragonale Form des Titanoxyds, den Anatas, ausgeführt.

Göttingen, den 14. Mai 1925.

M. BORN. O. F. BOLLNOW.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Wie kann man die gesamte Blutmenge bestimmen, die im lebenden Organismus kreist? Es dürfte auch demjenigen, der sich nicht berufsmäßig mit medizinischen Dingen beschäftigt, einleuchtend sein, daß es in vielen Fällen wichtig ist, die gesamte Blutmenge zu kennen, mit der das Gefäßsystem eines Menschen gefüllt ist. Wahrscheinlich ist der Nichtmediziner im allgemeinen der Ansicht, daß den Ärzten Methoden zur Verfügung stehen, nach denen sich feststellen läßt, ob jemand viel oder wenig Blut hat. „Vollblütigkeit" ist eine recht allgemein übliche Charakteristik für Menschen, die schon nach dem äußeren Eindruck einen mit Blut und Säften reichlich oder überreichlich gefüllten Körper zu besitzen scheinen. „Blutarmut" ist eine der häufigsten, wenn auch oft nicht der richtigsten Diagnosen, die ärztlicherseits gestellt, oder wenigstens dem Patienten mitgeteilt werden.

Trotzdem läßt sich mit den allgemein üblichen quantitativen Blutuntersuchungsmethoden, die entweder auf der Bestimmung des Blutfarbstoffes, des Hämoglobins, oder auf der Auszählung der roten Blutkörperchen, der Erythrocyten, beruhen, immer nur ein

relativer Reichtum oder Mangel an Blut auffinden. Man kann nur angeben, wie viele funktionstüchtige Elemente in der Volumeneinheit Blut enthalten sind, was natürlich auch sehr wichtig ist, und worauf sich ein wesentlicher Teil der Blutdiagnostik gründet. Aber auf die Frage, wieviel Liter Blut ein Mensch nun eigentlich besitzt, können diese allgemein angewandten klinischen Methoden nicht antworten.

In allen Lehrbüchern der Physiologie findet man aber die Angabe, daß etwa $^1/_{12}$ oder 7,5% des Körpergewichtes auf das Blut entfällt. Diese Zahlen wurden zunächst am Tier gewonnen, das man ausgeblutet hat. Auf die primitive Weise, eine große Ader anzuschneiden und die ausfließende Blutmenge zu messen, läßt sich das im Leben vorhandene Blut natürlich nur sehr unvollkommen bestimmen, da es unmöglich ist, durch einfachen Aderlaß ein Tier restlos auszubluten. Genauere Werte erhält man nach sorgfältigem Auswaschen des Gefäßsystems mit physiologischer Kochsalzlösung. Der Grad der hierbei eintretenden Blutverdünnung läßt sich colorimetrisch bestimmen, woraus sich die Gesamtmenge des vorhandenen Blutes sehr einfach errechnen läßt.

Es ist klar, daß sich diese Ausblutung lediglich am Tiere, und nur einmal im Verlauf bzw. am Ende seines Lebens ausführen läßt, wo es geopfert werden muß. Für viele wissenschaftliche Fragen, vor allem aber für ärztliche Untersuchungen am Menschen, hat man daher schon seit langem nach schonenderen Verfahren gesucht, die ohne Schädigung des Organismus am lebenden Untersuchungsobjekt wiederholt anwendbar sind. Sie sind kürzlich von dem Italiener RATTI in einem kritischen Referat sorgfältig zusammengefaßt worden. (Arch. di patol. e clin. med.)

Er nennt alle diese Verfahren, im Gegensatz zu den obenerwähnten direkten Ausblutungen, *indirekte* Methoden und teilt sie in zwei große Gruppen. Einmal solche, bei denen versucht wird, durch äußere, genau dosierbare Eingriffe die Gesamtblutmenge zu verändern, zum zweiten alle diejenigen Methoden, bei denen in die Blutbahn leicht nachweisbare und quantitativ bestimmbare Substanzen eingebracht werden, aus deren Verdünnung man Rückschlüsse auf das Verdünnende, d. h. die Gesamtblutmenge ziehen kann.

Was die erste Gruppe betrifft, so hat sie keine praktische Bedeutung erlangen können. Es ist wohl auch einleuchtend, daß Versuche, die Blutmasse von außen her mit physiologischer Kochsalzlösung aufzufüllen und die eingetretenene Verdünnung mit den eingangs erwähnten relativen Blutbestimmungsmethoden zu messen, an der großen Regulationsfähigkeit, mit welcher der Organismus seinen Wassergehalt einstellen kann, scheitern müssen. Die zu viel infundierte Flüssigkeit wird von den übrigen Körperorganen resorbiert oder mit dem Urin ausgeschieden, besonders schnell bei den großen Mengen, die man zur Erzielung deutlicher Ausschläge anwenden mußte.

Sehr starke Anämien versucht man mitunter durch Transfusion fremden Blutes günstig zu beeinflussen. Hierbei läßt sich, theoretisch wenigstens, der Blutbestand des anämischen Organismus errechnen, wenn man Menge und Konzentration des Spenderblutes kennt und nach gelungener Transfusion mißt, wieweit sich die Konzentration des anämischen Blutes gehoben hat. Aber auch dieses Verfahren ist, von seiner glücklicherweise sehr beschränkten Anwendungsfähigkeit abgesehen, mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet.

Daß man durch starkes Schwitzen versucht hat, das Blut wasserärmer zu machen, und dann nach der Konzentrationsänderung unter Berücksichtigung des eingetretenen Wasserverlustes die ursprünglich vorhandene Blutmenge zu bestimmen, sei mehr als Kuriosum erwähnt. Denn bei starken Wasserverlusten ist gerade das Blut derjenige Teil des Körpers, der seinen Flüssigkeitsbestand am zähesten festhält und die Wasserabgabe zunächst einmal anderen Depots, vor allem dem Unterhautzellgewebe, überläßt.

Weit wichtiger sind alle diejenigen Verfahren geworden, bei denen bestimmte leicht nachweisbare Substanzen in die Blutbahn eingeführt werden. Es ist zunächst versucht worden, anders gestaltete (kernhaltige) rote Blutkörperchen in das strömende Blut zu bringen und sie dann nach gründlicher Durchmischung wieder auszuzählen. Ferner hat man durch ihr starkes Drehungsvermögen leicht nachweisbare Zucker- oder Gummilösungen intravenös injiziert und ebenfalls ihre Verdünnung im Blute bestimmen wollen. Bei allen diesen Verfahren besteht aber die Fehlerquelle, daß die eingebrachten Körper nicht lange genug in der Blutbahn verweilen, sondern ihre Ausscheidung schon einsetzt, bevor nach genügend gleichmäßiger Durchmischung eine zweite Blutentnahme zu ihrer quantitativen Bestimmung ausgeführt werden kann.

Recht interessant sind auch die serologischen Methoden, bei denen eine bestimmte Menge Antikörper, Antitoxine, Präzipitine oder Agglutinine injiziert und ebenfalls ihre Verdünnung im Blute bestimmt wird. Doch verbietet schon der große Spezialapparat, der zur Ausführung solcher serologischer Messungen notwendig ist, die allgemeine Anwendung dieser und ähnlicher Verfahren.

Praktisch wichtiger ist ein besonders von englischen und amerikanischen Forschern geübtes Vorgehen geworden, die eine bestimmte, natürlich unschädliche, Menge Kohlenoxyd von der Versuchsperson einatmen lassen und dann colorimetrisch den Gehalt des Blutes an diesem leicht bestimmbaren Gase messen. Tatsächlich sind auf diese Weise eine Reihe wissenschaftlicher Fragen bearbeitet worden. Die Hauptfehlerquelle dürfte hierbei darin bestehen, daß ein nicht abzuschätzender Teil des Kohlenoxyds auch vom Muskelhämoglobin gebunden wird. Ferner wird selbst der kühnste Diagnostiker davor zurückschrecken, Patienten zum Zwecke einer vereinzelten Blutuntersuchung dieses gefährliche Gas einatmen zu lassen, was daher auch immer nur von mutigen Forschern in Selbstversuchen am eigenen Körper gewagt wurde.

Wirkliche Bedeutung, nicht nur für wissenschaftliche Probleme, sondern auch als eine ohne Bedenken anwendbare klinische Methode haben erst in den letzten Jahren alle diejenigen Verfahren gewonnen, die bestimmt geartete Farbstoffe in bekannter Konzentration in die Blutbahn einführen und colorimetrisch ihre Verdünnung bestimmen. Hierzu geeignet erwiesen sich *Trypanrot*, *Vitalrot*, *Trypanblau* und vor allem das von GRIESBACH in die Praxis eingeführte und genau durchgearbeitete *Kongorot*.

Das Griesbachsche Kongorotverfahren wird auch von RATTI am meisten empfohlen. Eine bestimmte Menge Kongorotlösung wird unter Einhaltung gewisser Vorschriften intravenös injiziert. Nach 4—5 Minuten ist die Durchmischung so vollständig, daß in einer sofort entnommenen Blutprobe der Gehalt des Serums an Kongorot colorimetrisch festgestellt werden kann. Hierbei müssen schleunigts Plasma und Erythrocyten durch Zentrifugieren getrennt werden noch bevor Blutgerinnung eingetreten ist oder die als Hämolyse bezeichnete Auflösung der roten Blutkörperchen eingesetzt hat, die durch ihren Eigenfarbstoff natürlich jede colorimetrische Bestimmung im Serum unmög-

lich machten. Die Hauptschwierigkeit dieser Methode liegt, wie ich mich selbst oft überzeugen konnte, darin, daß man zur Berechnung der Gesamtblutmenge genau das Verhältnis der Erythrocyten zu der Blutflüssigkeit kennen muß. Die hierbei üblichen Methoden zur Messung des Blutkörperchenvolumens sind entweder ungenau oder ziemlich umständlich. Doch ist zu hoffen, daß gerade in diesem Punkte noch Verbesserungen geschaffen werden. Diese Schwierigkeiten erklären vielleicht auch die recht unterschiedlichen Durchschnittswerte, welche die verschiedenen Forscher für die Gesamtblutmenge des gesunden Menschen angeben. Sie schwanken zwischen 5,0% und 8,3%, entsprechen im Mittel aber genau den bisherigen Angaben, nach denen die Blutmenge 7,5% des Körpergewichtes beträgt. Mit der Kohlenoxydmethode wurden im allgemeinen nur die niedrigen Werte von 4,8—5,9% gefunden. Auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Menschen sind recht beträchtlich, vor allem scheinen fette Personen eine relativ viel kleinere Gesamtblutmenge zu haben als magere, da offenbar das Fettgewebe nur sehr wenig an der allgemeinen Blutversorgung teilzunehmen braucht.

Jedenfalls hat die *Griesbachsche Kongorotmethode*, wie auch RATTI betont, uns ein praktisch außerordentlich brauchbares Verfahren gegeben, das es gestattet, zahlreiche klinische und wissenschaftliche Fragen in Angriff zu nehmen, die bis vor kurzem noch aus Mangel an einer geeigneten Methode zur Bestimmung der Gesamtblutmenge am Lebenden unlösbar schienen.

(Aus den Ber. über die ges. Physiol. **32**. 1925.)

FRITZ LAQUER.

Die morphologische Natur der Ranken der Cucurbitaceen, eine schon fast ein Jahrhundert alte Streitfrage, hat E. NEITSCH (in Fedde, Repert. spec. nov., Beih. **18**, 1923) einer eingehenden Nachprüfung unterzogen, wobei in erster Linie von der vergleichend-morphologischen Betrachtungsweise unter Heranziehung auch der Entwicklungsgeschichte und von Beobachtungen über das Auftreten von Anomalien Gebrauch gemacht wird. Eine gewisse Vorsicht in bezug auf die letzteren beiden Momente scheint dem Verfasser mit Recht geboten, da einerseits die Ontogenese eines Organs oft nur eine recht unvollkommene Wiederholung seiner Phylogenese darstellt und andererseits nicht alle Bildungsabweichungen den Schluß gestatten, daß das von ihnen betroffene Organ dadurch gleichsam seine Entstehung durch Metamorphose eines anderen dokumentiere, indem mitunter auch lediglich als außergewöhnliche Wachstumsstörungen aufzufassende Umbildungen auftreten; auch die anatomische Untersuchung scheint dem Verfasser für sich allein nicht geeignet, ein eindeutiges Urteil über die morphologische Natur eines durch Metamorphose entstandenen Organs abzugeben. Die Entwicklungsgeschichte lehrt aber jedenfalls, daß die Ranke, die sich zusammen mit zweifellosen Achsenorganen, Sproß und Inflorescenz entwickelt, ein axillares Organ sein muß, wodurch die Deutung als einseitiges Stipulargebilde der Blattanlage ausgeschlossen wird; ebenso unzweifelhaft ist ihre Zugehörigkeit zum normalen axillären Laubsproß, doch kann sie aus Gründen, die sich aus der Beobachtung der Phyllotaxis dieses Achselsprosses ergeben, nicht dessen erstes Laubblatt sein. Nur Vorblätter unterliegen nicht den Regeln der Phyllotaxis, indem der Anschluß des ersten Laubblattes an sie nicht in dem Winkel erfolgt, der für die weitere Anordnung der Blätter maßgebend ist; die Ranke wird deshalb als ein modifiziertes Vorblatt des axillären Laubsprosses angesehen, während das andere Vorblatt in der Regel abortiert, gelegentlich aber ebenfalls als Ranke entwickelt ist und die beiden Ranken einander dann genau in der Stellung, wie sie den Vorblättern der Dikotylen eigen ist, gegenüberstehen. Für die verzweigte Ranke, wie sie z. B. der Kürbis zeigt, ergibt sich daraus folgende Deutung: der zuerst sich bildende Rankenzweig als Vorblatt des normalen Seitenzweiges trägt in seiner Achsel wieder einen Sproß, der allerdings stark rudimentär bleibt und dessen Blätter ebenfalls zu Ranken werden; bei der nachträglichen Streckung der Sproßachse wird das Vorblatt mit hinaufgenommen, so daß bei der ausgebildeten Ranke der aus ihm entstandene Rankenzweig in gleicher Höhe mit den übrigen Rankenzweigen steht und scheinbar diesen gleichwertig ist. Die normale Ranke der Cucurbitaceen ist also ein aus modifizierten Phyllom- und Caulomelementen zusammengesetztes Organ, jedoch besteht kein Wesensunterschied zwischen einfachen und verzweigten Ranken, die übrigens nebeneinander auf ein und derselben Pflanze vorkommen können, denn auch die einfache Ranke besitzt in ihrer Achsel eine Sproßanlage, welche jedoch unentwickelt bleibt, ohne es zur Hervorbringung modifizierter Blätter gebracht zu haben. Unter Umständen entsteht aus der in der Achsel des Vorblattes vorhandenen Anlage statt des Sprosses eine Blüte. In der Achsel des zweiten Vorblattes bildet sich, auch wenn dieses selbst abortiert, eine florale Anlage, aus der entweder eine einzelne Blüte oder eine Infloreszenz hervorgeht, so daß auch die mannigfaltigen Blütenstandsverhältnisse der Cucurbitaceen, von denen Verfasser 8 Typen unterscheidet, eine befriedigende Erklärung finden. Bei den rankenlosen Formen (*Ecballium*) ist auch das erste Vorblatt abortiert; beider südwestafrikanischen *Acanthosicyos horrida* dagegen sind beide Vorblätter als Dornen entwickelt.

Die Obdiplostemonie der Blüten, ebenfalls ein noch nicht befriedigend geklärtes morphologisches Problem, behandelt STRÖBL (Botan. Arch. **9**, 210—224. 1925). Es handelt sich um jenen, recht typisch z. B. beim Storchschnabel (*Geranium*) sich darbietenden Fall, daß die Staubblätter des Androzeums in doppelter Anzahl wie die Kronblätter vorhanden und auf zwei Wirtel verteilt sind, von denen aber der äußere mit den Kronblättern nicht, wie es im allgemeinen die Regel ist, alterniert, sondern ihnen superponiert ist, so daß die episepalen Stamina den inneren, höher inserierten Staubblattkreis bilden. Die Behebung dieses Widerspruches in der Organstellung war von verschiedenen Autoren in verschiedener Weise versucht worden, indem man z. B. dem Wirtel der Kronstaubblätter die Gleichwertigkeit mit den übrigen absprach und ihn als durch Dedoublierung der Kronblätter entstanden ansah oder einen vor ihnen stehenden abortierten episepalen Staminalkreis annahm oder auch der Blüte eine basipetale Entwicklungsfolge statt der gewöhnlichen akropetalen zuschrieb; auch waren die über die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse vorliegenden Angaben zueinander in Widerspruch, indem FRANK eine frühere Anlage der Kronstamina beobachtet zu haben glaubte, während nach PAYER die Kelchstaubblätter zuerst angelegt werden. Letztere Angabe ist, wie STRÖBLS entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an den Blüten von *Pelargonium* ergaben, die zutreffende; sobald die Kelchblätter beginnen, blattartige Gestalt anzunehmen, entstehen die mit ihnen alternierenden Petalen, deren Primordien aber noch kaum aus der Oberfläche des Vegetationspunktes hervortreten, wenn die Höcker der Kelchstaubblätter sich bereits bemerkbar machen, während in Alternanz mit letzteren die Primordien der Kronstaubblätter erst zu einer Zeit erscheinen, wo das Kelchstaubblatt sich bereits zu einem

deutlichen Höcker vom Vegetationspunkt differenziert hat und alle übrigen Organe mit Ausnahme des Kelchblattes an Größe überragt. In der hierin zum Ausdruck kommenden Förderung der Kelchblatt-Sektoren findet Verfasser die Erklärung der Obdiplostemonie; der Blütenboden ist sehr flach und an den höchsten Stellen treten die Kelchstamina auf, so daß für die Stamina der anderen Sektoren eine Entwicklungsmöglichkeit nur unterhalb der ersteren und in einem späteren Alter der Blüte besteht, wenn durch das Wachstum des Vegetationspunktes wieder Platz frei geworden ist; dann beginnt das Wachstum der Blumenblatt-Sektoren mit der Ausbildung der Kronstaubblätter, welche bei *Geranium* die Kelchstaubblätter an Größe fast einholen, bei *Erodium* dagegen sämtlich und bei *Pelargonium* entsprechend der Zygomorphie der Blüte teilweise staminodial bleiben. Die Stellung der Karpelle endlich, welche zuletzt auftreten, ist sicher durch die räumlichen Verhältnisse bedingt und wird durch die schon vorher entstandenen Organe der Blüte zu einer mit den Kelchstaubblättern alternierenden. Auch für andere Familien (z. B. Oxalidaceen, Rutaceen, Saxifragaceen) mit meist wesentlich schwächer ausgeprägter Obdiplostemonie erweist sich die gleiche Betrachtungsweise als zutreffend, während für die Caryophyllaceen die aus der episepalen Stellung der Karpelle sich ergebende Schwierigkeit durch die Annahme einer in der Größe der zuerst entstandenen Kelchstaubblätter begründet liegenden Wirkung derselben als Kontakthöcker behoben wird. W. Wangerin.

Das Spektrum des Heliums im extremen Ultraviolett. Dieses Spektrum — eines der interessantesten Spektren vom spektroskopischen wie auch atomphysikalischen Standpunkte — ist besonders von Th. Lyman erforscht worden. Über die diesbezüglichen Arbeiten ist in dieser Zeitschrift verschiedentlich, zuletzt Jahrg. 11, S. 321. 1923 berichtet worden. Obwohl durch die dort referierten Arbeiten in allen wesentlichen Punkten Klarheit geschaffen schien, hat Lyman seine Bemühungen nicht ruhen lassen und legt in einer im Astrophysikal. Journ. **60**, 1. 1924 erschienenen Arbeit seine neuesten Resultate vor, durch die unsere Kenntnisse dieses Spektrums noch wesentlich erweitert und die Resultate auf eine Basis gestellt werden, die so solide ist, daß Herr Lyman selbst sie für genügend hält.

Das Prinzip des von Lyman verwendeten Vakuumgitterspektrographen ist in dem oben zitierten Referat angegeben worden. Die vorliegende Arbeit enthält eine für den Physiker sehr interessante, genaue Beschreibung dieses Apparates, der im Prinzip derselbe geblieben ist, aber in manchen Einzelteilen Verbesserungen erfahren hat. Als Lichtquelle dient zur Untersuchung des Funkenspektrums eine Paschensche Hohlkathode, zur Untersuchung des Bogenspektrums ein Geißlerrohr mit Capillare, die bei Beobachtung end on mit ihrem offenen Ende bis dicht vor den Spalt reicht. Während in dem vor dem Spalt angebrachten Entladungsrohr der Druck den für die Entladung notwendigen Betrag hat, wird hinter dem Spalt, durch den das im Entladungsraum befindliche Gas in den eigentlichen Spektrographenraum einströmt, mit mehreren Diffusionspumpen so kräftig ausgepumpt, daß in demselben Hochvakuum herrscht und das Licht auf dem Wege vom Spalt bis zur Platte keinerlei Absorption erfährt.

Ganz besondere Sorgfalt muß, wie Lyman betont, beim Vordringen in ein bisher unbekanntes Spektralgebiet auf die Unterscheidung der falschen Linien, der sog. Geister, von den realen Linien verwandt werden. Dies kann einwandfrei nur dadurch erreicht werden, daß man dieselben Spektren mit mehreren Gittern aufnimmt, die unter den verschiedensten Bedingungen und wenn möglich, sogar mit verschiedenen Teilmaschinen hergestellt sind. Lyman hat für die vorliegenden Untersuchungen im ganzen 5 Konkavgitter verwendet, 2 von diesen hatten einen Krümmungsradius von 50 bzw. 51 cm, 3 weitere Gitter wurden ihm neuerdings von Professor R. W. Wood zur Verfügung gestellt. Diese Gitter haben 1 m Krümmungsradius und ihre Furchen sind nur ganz leicht eingeritzt, wodurch man im extremen Ultraviolett sehr lichtstarke Spektren erhält. Durch Vergleich der mit diesen verschiedenen Gittern erhaltenen Spektren war es möglich, mit großer Sicherheit reale Linien und Geister zu unterscheiden.

Im Funkenspektrum des *He* wurde von der Serie $\nu = 4N\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m_2}\right)$, dem Analogon zur Balmer Serie des Wasserstoffs, das erste Glied bei $\lambda = 1640{,}4$ ÅE. einwandfrei beobachtet, das zweite Glied bei $\lambda = 1215{,}2$ ÅE. ist schwer von der eng benachbarten Wasserstofflinie $\lambda = 1215{,}68$ zu unterscheiden (letzte Spuren von Wasserstoff sind aus dem *He* schwer zu beseitigen), wurde aber doch einwandfrei festgestellt, von dem dritten Gliede bei $\lambda = 1084{,}9$ wurden nur Andeutungen beobachtet. Weiterhin gelang es von der ganz extrem ultravioletten Serie des He^+, $\nu = 4N\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, dem Analogon zur Lymanserie des Wasserstoffs, die beiden ersten Glieder bei $\lambda = 303{,}6$ und $256{,}3$ ÅE. zu beobachten und zu messen. Alle diese Wellenlängenwerte sind in bester Übereinstimmung mit den nach der Bohrschen Theorie zu erwartenden Werten.

Im Bogenspektrum des *He* wurde die Haupt- und Absorptionsserie $1S - mP$ um drei weitere Glieder vervollständigt, so daß dieselbe nunmehr durch insgesamt sieben Glieder sehr sicher festgelegt ist. Die Wellenlängen der neuen Linien sind $\lambda = 512{,}09$; $510{,}05$ und $508{,}59$ ÅE. In der Originalarbeit ist ein schönes Spektrogramm dieser Serie reproduziert, auf dem man nicht nur die Serienlinien, sondern auch den Übergang der Serie in ein an ihrem Auslauf sich anschließendes kontinuierliches Spektrum erkennen kann. Bei $\lambda = 600{,}3$ erscheint eine diffuse Linie, die auch in der früheren Arbeit schon angegeben war und wohl sicher dem *He* zuzuordnen ist. Sie wird wahrscheinlich als Linie $1S - 2S$ des Parheliums zu deuten sein, obwohl ihre Wellenlänge mit der berechneten $\lambda = 601{,}44$ ganz genau übereinstimmt. Während man das Auftreten dieser Linie, die nach dem Auswahlprinzip für die azimutalen Quantenzahlen verboten ist, durch das Vorhandensein der elektrischen Felder in der Entladung verstehen kann, stellt das Auftreten einer Linie bei $\lambda = 591{,}56$ ÅE. ein besonders vom theoretischen Standpunkte äußerst interessantes Novum dar. Diese Linie wird nämlich als $1S - 2p$, d. h. als Kombinationslinie zwischen dem Grundterme des Parheliums und dem Term $2p$ des Orthoheliums gedeutet. Solche Kombinationen sind bisher auch in sehr starken elektrischen Feldern nicht gefunden worden und ihr Fehlen spielt eine wesentliche Rolle in der Bohrschen Theorie des *He*-Spektrums. Bemerkenswert ist schließlich noch, daß diese Linie einem Übergange entspricht, der bisher als Anregungsspannung bei den Elektronenstoßversuchen nicht beobachtet wurde. W. Grotrian.

Untermeerische Topographie. Seitdem der deutsche Physiker A. Behm in Kiel zuverlässige Messungen von Meerestiefen auf akustischem Wege durch das sog. Echolot ermöglicht hat, ist diese Methode zu immer weiterer Vollkommenheit ausgebildet worden,

so daß sie bereits nach wenigen Jahren in die nautische Praxis eingeführt werden konnte (vgl. Die Naturwissenschaften, 1923, 11, 286–288. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Meteorol., Hamburg, 1923, 51, 192–195; 1924, 52, 73–87, 220–221, 254–271, 289–300. The Geographical Review, New York, 1924, 14, 681–694).

Namentlich von amerikanischer Seite sind zahlreiche Tieflotungen mit dem Echolot ausgeführt worden, welche der Konstruktion einer Seekarte mit Tiefenlinien in Abständen von je 100 Faden (185 m) zugrunde liegen, der ersten, nach der neuen Vermessungsmethode hergestellten Isobathenkarte (West Coast of United States. San Francisco to Pt. Descanso. Bathymetrical Chart. Compiled from data obtained with „Sonic Depth Finder" by U. S. S. Corry and U. S. S. Hull 1922). Die Karte, welche auf der Rückseite der amerikanischen Pilot Chart of the North Pacific Ocean, June 1923, in Farbendruck veröffentlicht wurde, aber auch als Chart No 5194 des Hydrographic Office of the Navy Department, Washington, einzeln erschienen ist, beruht auf ungefähr 5000 Einzelmessungen, die in 1–2 Seemeilen Abstand gemacht wurden, während das Schiff sich in Fahrt von etwa 12 Knoten Geschwindigkeit (= 6 m p sec) befand. So war es möglich, das südkalifornische Küstengebiet in einer Ausdehnung von fast 100 000 qkm in 38 Tagen zu vermessen. Diese Fahrt muß als eine geradezu umwälzende Tat in der ozeanischen Tiefenmessung und die Karte als ein Ergebnis von weitreichender geographischer Bedeutung gewertet werden, wie insbesondere in den oben angeführten Aufsätzen in den Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie mit Recht hervorgehoben wird. Zum ersten Male sehen wir eine überraschende Fülle und Mannigfaltigkeit der Formen des Meeresbodens in relativ großen Tiefen, die bis nahe an 4000 m hinabreichen. In buntem Wechsel drängen sich die Isobathen bald dicht zusammen, bald weichen sie auseinander. Steile Erhebungen und untermeerische Bergzüge trennen wannen- und rinnenförmige Becken, in welche stellenweise tiefe Löcher eingesenkt sind.

Diese erste akustisch gewonnene Tiefenkarte liefert das Material für eine Veröffentlichung, die es zum ersten Male unternimmt, das Relief des Meeresbodens nach den, bisher nur auf das Festland angewandten geomorphologischen Methoden zu beschreiben und seine Entstehung zu untersuchen (The continental shelf off the coast of California. By Andrew C. Lawson. Bull. of the National Research Council, Washington, D. C., Vol. 8, Part 2, Number 44, April 1924. 23 Seiten. 25 cents). In geradezu klassischer Weise zeigt die Karte die Ausbildung des Schelfs, d. h. des vom Meere überfluteten Teiles des Kontinentalsockels längs der kalifornischen Küste. Er erstreckt sich mit allmählich zunehmender Tiefe jenseits der Küstenlinie weit in das Meer hinaus, bis dann in erheblichem Abstand von der Küste ziemlich plötzlich ein steileres Gefälle einsetzt, das bis in Tiefen von 4000 m, den eigentlichen Tiefseeboden, hinabführt.

Die Entfernung von der Küste bis zu dem Steilabfall des Schelfs in die Tiefsee beträgt in dem nördlichen und mittleren Abschnitt von San Francisco bis Point Concepcion (34½° Nord) im Durchschnitt rund 100 km. In diesem Teile ist die Oberflächenform des Schelfs ziemlich gleichförmig, wenn man von zwei Ausnahmen absieht, die mit den beiden großen Einbuchtungen der Küste, der San Francisco-Bucht und der Monterey-Bai, in Zusammenhang stehen. Die erstere verdankt ihre Entstehung einer lokalen Einsenkung der Ketten des Küstengebirges, die in später geologischer Zeit entstanden ist und den Gewässern des Hinterlandes gerade an dieser Stelle einen Durchbruch nach der Küste ermöglichte. Es ist daher vor der Bucht eine breite Ablagerungsfläche entstanden, welche die Tiefenlinie von 100 Faden weit in das Meer hinausgerückt hat. Das Gebiet der Monterey-Bai bildet eine große offene Synklinale (muldenförmige Lagerung der geologischen Schichten) und war in der Spät-Tertiärzeit und im Quartär das Mündungsgebiet für die Ströme des Küstengebirges, die hier ein mächtiges Delta aufbauten, das eine starke Verbreiterung des Schelfes an dieser Stelle zuwege gebracht hat.

Grundsätzlich verschieden von dem nördlichen und mittleren Teil ist der südliche Teil des Schelfs, sowohl in seinen Dimensionen als in seinen Formen. Die Breite ist mehr als doppelt so groß und die Neigung des Meeresbodens ist nicht, wie bei den nördlicheren Teilen, hauptsächlich seewärts gerichtet, sondern die Oberfläche der Schelfterrasse zeigt Eintiefungen bis zu 2000 m und Erhebungen, die bis über den Meeresspiegel emporreichen, in vielfachem Wechsel, so daß der Verlauf der Tiefenlinien ein äußerst verworrenes und abwechslungsreiches Bild gibt. In diese Mannigfaltigkeit bringt die Arbeit von Lawson eine gewisse Ordnung. Er zeigt z. B., daß es sich bei der auf dem 34. Parallelkreis von Anacapa bis San Miguel verlaufenden Inselreihe wahrscheinlich um eine antiklinale Aufwölbung handelt, die als Fortsetzung des Santa Monica-Gebirges anzusehen sein dürfte. Steile Böschungen, die vielfach auftreten, machen den Eindruck, daß Absenkungen bis zu mehr als 1000 m Sprunghöhe an Bruchlinien stattgefunden haben.

Als ein Kennzeichen dafür, daß es sich bei diesem Teile des Schelfs um Kontinentalformen handelt, mag gelten, daß der Steilabfall zur Tiefsee, der Böschungen bis zu 23° aufweist, auch südlich von Point Concepcion seine Richtung (nahezu SSE) beibehält und also die weite Ausbuchtung der Küste nach Osten hin nicht mitmacht. Lawson versucht auch, unter der Voraussetzung, daß die Auffaltung des Küstengebirges einer Schrumpfung der Erdkruste zuzuschreiben ist, einen Zusammenhang zwischen dem Küstengebirge Kaliforniens und dem Schelf nachzuweisen. Den letzteren betrachtet er als den untergetauchten Teil eines „geomorphic arch", dessen Depression im wesentlichen durch isostatische Ausgleichsvorgänge veranlaßt wurde.

O. Baschin.

The Downtonian Fauna of Norway I. Anaspida. (J. Kiaer, Videnskapsselskapets Skrifter I. Mat.-naturw. Kl. Kristiania 1924, Nr. 6.) Im Downtonian (oberstes Obersilur) bei Oslo wurde 1909 eine fischführende Sandsteinschicht entdeckt und mehrere Sommer hindurch ausgebeutet. 100 qm des nur etwa 30 cm starken Horizonts lieferten nicht weniger als 2500 fossile Tiere: Krebse, Panzerfische und Anaspiden. Den letzteren gilt der jetzt erschienene erste ausführliche Bericht von dieser Fauna. Anaspiden kannte man bisher — abgesehen von einem unsicheren Rest in Kanada — nur aus dem Obersilur von Schottland, als die ersten und primitivsten *Fische:* ohne Kiefer und Zähne, ohne knöchernes Innenskelett, ohne paarige Extremitäten, mit einer kleinen Rückenflosse und einer langen Zeile Stachelschuppen am Bauch. Die reichen norwegischen Funde ergänzen nun endlich dies kärgliche Material und verbessern unsere Kenntnis der hochinteressanten Tiergruppe gründlich.

Der Fundhorizont ist derselbe wie der schottische: eine Ablagerung kleiner Süßwasserseen auf dem nordatlantischen Kontinent, der zu jener Zeit von Ostkanada über Schottland nach Norwegen zog. Es fanden sich aber nicht dieselben, sondern drei neue Anaspiden-

gattungen in hervorragend guter Erhaltung, allerdings nur der Schuppenkapsel. Diese ließ eine Menge absonderlicher Einzelheiten erkennen; z. B. miteinander gelenkende Schuppen; z. B. paarige Bruststachel, also funktionell doch paarige Extremitäten; z. B. alle Einzelheiten des zuvor fast unbekannten Kopfes: ein unpaares Nasenloch, zwei große Seitenaugen und ein kleines Scheitelauge, um welche sich ein System größerer und kleinerer Schuppen typisch anordnet. Einzelne davon erinnern an bestimmte Knochen der Fische, so auch die den Mund umrahmenden Kieferplatten; doch sind sie, als Schuppen, keine Homologa. Die Sinnesöffnungen liegen auf der bisherigen Unterseite — man hatte also den ja nur in groben Zügen bekannten Anaspidenkörper verkehrtherum orientiert, weil man den größeren Lappen der Schwanzflosse für den eo ipso oberen hielt. Jetzt bei richtiger Orientierung erklären sich bisher schwer verständliche Züge auf die natürlichste Weise. Die Stachelschuppen werden den Rückenstacheln mancher Fische analog; die kleine unpaare Flosse ist die Analflosse; die Löcher, die hinter dem Kopf auf einem festen Band aufgereiht liegen, lassen sich in ihrer jetzigen Richtung leicht als Kiemenlöcher identifizieren. Jedoch sind es mehr als die 5 der Fische, ja mehr als die 7 des Neunauges, nämlich bis zu 15 solcher Öffnungen. Die hohe Anzahl Kiemenlöcher, — das Fehlen jeglichen Hartteils innerhalb der Hautkapsel: also einer knöchernen Wirbelsäule und der Extremitätengürtel, — das Scheitelauge, — das unpaare Nasenloch; — diese Merkmale fehlen allen lebenden Fischen und fast allen fossilen, und sie nähern die Anaspiden den rezenten Cyclostomen. Kiaer trennt deshalb die Anaspiden von den Fischen und bezeichnet sie zusammen mit den rezenten *Cyclostomen* und den ebenfalls einnasigen fossilen *Cephalaspidomorphen* als *Monorhina*, mit dem von Haeckel für die Rundmäuler geprägten Ausdruck im Gegensatz zu allen übrigen Wirbeltieren, die ja paarige Nasen haben. Das neue Material zeigt die Anaspiden also noch viel eigenartiger, als sie bisher schon erschienen. Tilly Edinger.

Adresse an Herrn Otto Schott zum fünfzigjährigen Doktorjubiläum am 6. Februar 1925[1]).

Hochgeehrter Herr Jubilar!

Wie von einer hohen Warte aus mögen Sie wohl heute, am fünfzigsten Jahrestag Ihrer Doktorpromotion, Ihr geistiges Auge schweifen lassen über Ihren Werdegang und über die weiten Gefilde der Wissenschaft und Technik, welche Sie bebaut und gefördert haben. Vergönnen Sie uns, einen solchen Rundblick mit Ihnen zu teilen!

Nach dem Westen richtet sich da zunächst unser Auge, hin zu der kleinen Stadt Witten in Westfalen. Ein schlichtes Haus ersteht vor unserem Blick, darinnen ein recht bescheidener Raum, der den Namen „Laboratorium" kaum verdient. Ein junger Chemiker schaltet und waltet dort, und was er treibt, das mutet fast an wie ein Stückchen Alchimie. Kleine Schmelzöfen ringsum, äußerlich wie kleine Sparherde beschaffen! Geheimnisvoll der Raum, geheimnisvoll das Ziel der Versuche. Doch gilt es ein wichtiges Problem zu lösen; davon gibt die Spannung Kunde, mit welcher der junge Chemiker zuweilen den Inhalt der Schmelzöfen mustert, wenn er ihn mit Hilfe langer, holländischer Pfeifenröhren durchmischt.

Ein neues Bild: Im Jenaer „Schillerhäuschen" sehen wir zu einer späten Nachtstunde zwei Männer bei der Lampe sitzen; der eine uns aus dem Wittener Hause wohlbekannt: Dr. Otto Schott; der andere: Ernst Abbe, der Jenaer Astronom und Physiker. Belauschen wir ihr Gespräch, so hören wir in oftmaliger Wiederholung Worte wie „Kieselsäureglas", „Phosphorsäureglas", „Brechungsexponent". Bald wird uns klar, daß Gläser von besonderen optischen Eigenschaften geschaffen werden sollen, geeignet zur Verfertigung bisher nicht gekannter, völlig achromatischer Objektive.

Wiederum ein neuer Blick: Wir sehen in Jena ein „Glastechnisches Laboratorium" entstehen, gegründet von wagemutigen und arbeitsfreudigen Männern, von Schott, Abbe und den Brüdern Zeiss, ein Institut, wo die Ergebnisse des Fleißes der Wittener Versuche durch Glasschmelzen größeren Umfanges auf ihre praktische Verwertbarkeit geprüft und durch rühriges Schaffen ausgebaut werden. Ein großes Maß von Selbstvertrauen und von Opferwilligkeit war zu dieser Gründung nötig, denn gar weit war man noch von der Zeit der Ernte entfernt. Dem Mutigen hilft das Glück, — zur richtigen Zeit hat eine weitblickende preußische Regierung das für die Entwicklung der Glastechnik so wichtige Laboratorium der vier „Genossen" hinreichend subventioniert.

Eine viel spätere Etappe tritt vor unser Auge: Wie die Wintersaat durch Monate hindurch kaum merkliche Fortschritte macht, dann aber rasch fruchtbringend emporschießt, so hat sich inzwischen an das lange, oft entmutigende Ringen mit den tausend Widerständen der Materie der Glasbereitung eine Zeit glänzender Entwicklung angeschlossen. Nicht nur die ursprünglichen Ziele sind erreicht, die Gewinnung geeigneter Glassorten für achromatische Objektive der Fernrohre, Mikroskope und photographischen Optik. Auch hochwichtige andere glastechnische Fragen sind gelöst, unter denen für Wissenschaft und Technik als besonders bedeutsam die Probleme des Thermometerglases, des Verbundglases und des für ultraviolette Strahlen durchlässigen Glases hervorragen. Eine imponierende Schöpfung der Industrie auf wissenschaftlicher Grundlage ist entstanden; ein Glaswerk, welches an Größe nicht viele, an Verdiensten und Ruhm überhaupt keines seinesgleichen in der Welt hat. An der Spitze dieses für Deutschland auch wirtschaftlich hochwichtigen Werkes sehen wir nun bei unserem letzten Rundblick wieder jenen Mann, dessen Gestalt uns beim ersten Umblick im Wittener Hause jugendlich begegnet ist: Dr. Otto Schott.

Obwohl die Interessen der Preußischen Akademie der Wissenschaften vorzüglich den Leistungen der reinen Wissenschaften zugewendet sind, blieben die Verdienste, welche Sie, hochgeehrter Herr Jubilar, sich um eine angewandte Wissenschaft erworben haben, von ihr nicht unbeachtet. Genießen die Früchte Ihres Schaffens doch indirekt alle Zweige der Naturwissenschaft und viele Zweige der Technik: In Wertschätzung dieser großen Leistungen hat die Preußische Akademie Sie vor acht Jahren zum korrespondierenden Mitglied gewählt. Heute nimmt sie freudigen Anteil an Ihrem schönen Jubiläum und entbietet Ihnen ihre herzlichen Glückwünsche. Ad multos annos!

Die Preußische Akademie der Wissenschaften.

[1]) Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1925, VI—XI, ausgegeben am 21. April.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.